TRABAJO FINAL DE CARRERA

TITULACIÓN: LICENCIATURA EN NAVEGACIÓN Y TRANSPORTE MARÍTIMO.

TÍTULO: Estudio de las válvulas PV (presión-vacío) en buques tanque. Funciones, requisitos, mantenimiento y comprobación del tarado.

Autor del trabajo: Varela Geis, Ángel

Director del trabajo: Martín Mallofré, Joan

Cuatrimestre: primavera 2011

INDICE

1- Introducción……3

2- Objeto……5

3- Normas y criterios de diseño……..6

4- Fundamentos técnicos. Metodología de cálculo para el dimensionamiento……33

5- Instalación en buques tanque. Petroleros, quimiqueros y gaseros……...57

6- Descripción del funcionamiento de las PV……67

7- Características constructivas de las válvulas……...70

8- Instrucciones de mantenimiento y prueba recomendada por el fabricante……72

9- Seguimiento del mantenimiento realizado a bordo de un buque asfaltero……...73

10- Seguimiento de la comprobación del tarado post-mantenimiento, realizado a bordo de un buque asfaltero……...82

11- Propuestas de mejora para el mantenimiento y comprobación del tarado a bordo……..91

12- Conclusiones……...94

13- Anexos……..95

14- Referencias……165

15- Agradecimientos……167

1- Introducción

"Bajo la responsabilidad del primer oficial de puente se realizan las revisiones de mantenimiento preventivo y correctivo así como la comprobación del tarado de las válvulas PV y otros trabajos de cubierta."

Una de las posibles carencias en la formación de un oficial de puente podría identificarse con las actividades de mantenimiento de equipos y sistemas en cubierta donde intervienen elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

El mantenimiento de estos equipos requiere la identificación de los componentes que lo forman, conocimiento de materiales bajo el punto de vista de su composición e identificación según las normas aplicables y las características de resistencia y compatibilidad.

Todo ello va más allá del funcionamiento operativo y se necesitan habilidades de especialista para poder supervisar a los tripulantes encargados de estos trabajos, como el bombero, que en muchos casos actúan con su buen hacer aun siendo para cada uno de ellos su propia experiencia la que determina unos criterios que no siempre son los ideales.

Cuando esta experiencia aplicada por el personal de cubierta, dependiente del primer oficial, no se ajusta a un procedimiento de trabajo que contenga toda la información necesaria incluidos los criterios de aceptación, porque el armador no lo ha considerado necesario por no ser obligatorio incluirlo en los manuales del buque, y se presupone erróneamente que los manuales genéricos de los suministradores son suficientes, es cuando se manifiesta imperiosamente la necesidad de formación especializada para los oficiales responsables.

Dichas tareas están claramente identificadas con la especialidad de los oficiales de máquinas, pero son normalmente responsabilidad del primer oficial de puente.

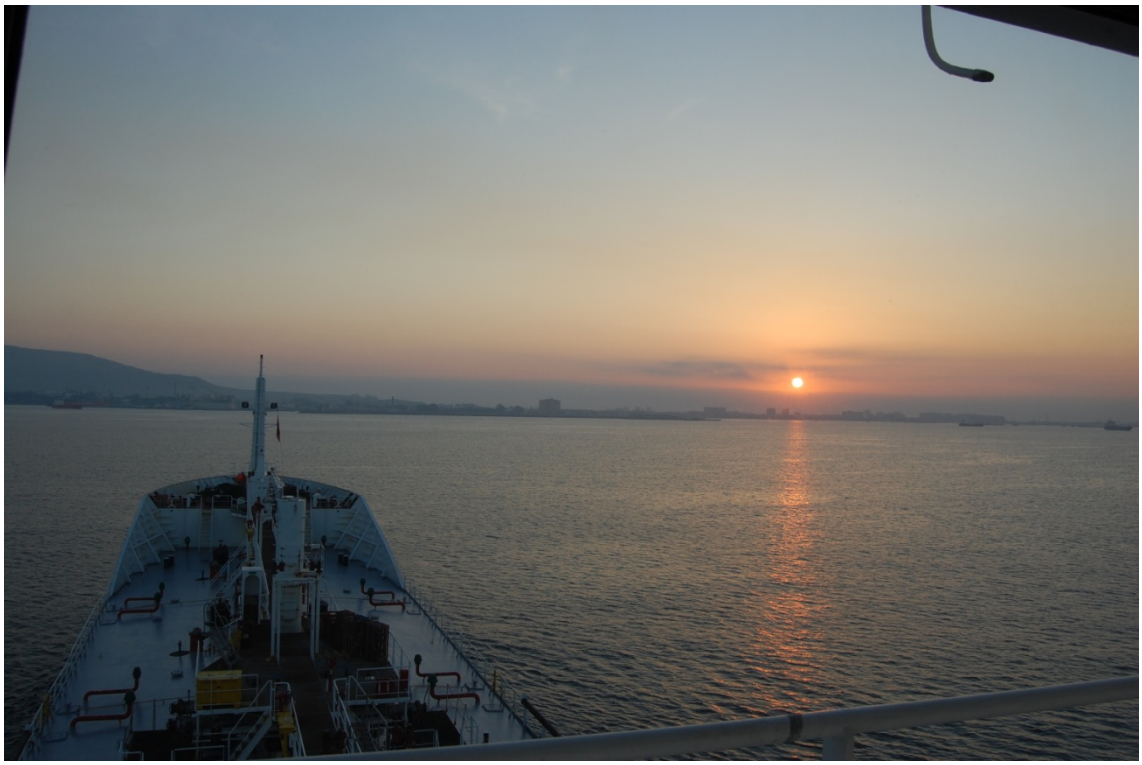
Es evidente que el oficial de puente está familiarizado con sus responsabilidades como piloto en las tareas relacionadas con la navegación y estiba, aunque no tanto con las mencionadas anteriormente.

En estos trabajos de cubierta, el primer oficial cuenta con el apoyo del contramaestre, el bombero, el electricista y otros.

En pocos casos, el armador promueve y asume los gastos de la formación específica de los oficiales de puente para tareas tan críticas como la que describiremos en este trabajo.

Dada la función crítica de la válvulas de “presión-vacío” para garantizar la integridad de la tripulación y de los tanques de carga, y en consecuencia del buque mismo, así como las emisiones a la atmósfera, se pretende con este trabajo analizar los distintos requisitos de diseño, normativa aplicable exigencias operativas y de mantenimiento, y por otro lado, hacer las propuestas de mejora al procedimiento práctico y documental observadas a bordo como aportación del alumno en este trabajo.

Para la realización de este trabajo se ha tomado como referencia la información disponible a bordo del buque asfaltero “Mar Paula” de Marpetrol, se han seguido las actividades de mantenimiento periódico y las operaciones de comprobación del tarado recomendado por el fabricante después del mantenimiento.



Asfaltero Mar Paula, vista hacia proa 1

2- Objeto

Dentro del objeto de este trabajo diferenciaremos cuatro apartados principales con sus distintos contenidos pero necesarios a la vez para dar consistencia por una parte y coherencia por otra a toda la documentación estudiada y al seguimiento de las actividades de mantenimiento y comprobación del tarado a bordo, con el fin último de realizar unas propuestas de mejora sobre la metodología utilizada.

Contenidos básicos de los apartados principales y que se desarrollan en los distintos puntos detallados en el índice del trabajo:

- Estudio de la normativa reguladora aplicable y criterios de diseño.

- Fundamentos técnicos y Metodología para el dimensionamiento de las válvulas.

- Funciones de las válvulas PV en los buques tanque (Petroleros, gaseros y quimiqueros), requisitos operativos. Características constructivas del modelo seleccionado. Recomendaciones del fabricante para el mantenimiento y comprobación del tarado.

- Seguimiento a bordo de la metodología de mantenimiento, documentación existente en el buque, procedimientos utilizados, formación de la tripulación y sus buenas prácticas.

- Información disponible a bordo de las intervenciones realizadas en varadero sobre las válvulas PV. Función de la inspección independiente en varadero y trazabilidad de los resultados de las pruebas de tarado.

- Propuestas de mejora en un caso práctico, bajo el criterio de una supuesta auditoría interna.

3- Normas y criterios de diseño.

3.1- Antecedentes.

Como continuación a una serie de incidentes que provocaron la ruptura de tanques de carga y otro tipo de incidentes relacionados con incendios a bordo de los buques tanque, que se achacaron a un mantenimiento deficiente y a operaciones inapropiadas durante la manipulación de la carga, la regla 59 de SOLAS estableció un nuevo requisito que exigía la instalación de un sistema secundario para el alivio de la sobrepresión y/o vacío de los vapores de la carga (aire o gas inerte) en caso de fallo del sistema de venteo principal.

Sistemas de Seguridad y Recuperación de Vapores:

Las pérdidas por evaporación durante el almacenamiento de hidrocarburos líquidos no sólo traen consigo la reducción en el volumen almacenado, sino que además, presentan las siguientes desventajas:

a) Pérdidas de los vapores que se ventean a la atmósfera
b) Reduce el valor de los hidrocarburos líquidos, ya que son las fracciones ligeras, de mayor costo, las que se evaporan.
c) Contaminación ambiental.
d) Riesgos de explosión
e) Aumento de la corrosión en el área del tanque destinada a los vapores

Por otro lado el poseer medios y dispositivos que permitan el control de estos vapores, ofrece las siguientes ventajas:

a) No disminuye el precio de los hidrocarburos
b) Se evitan los riesgos de explosión
c) Se obtienen las fracciones líquidas que pudieran ir en la corriente de vapores

Las causas básicas por las que se origina el desprendimiento de vapores son: cambios de temperatura, agitación, llenado y descarga del tanque y el color.

En este trabajo nos ocuparemos de estudiar el sistema propuesto para evitar los riesgos de explosión en los buques tanque y el control de la presión y el vacío a través de las válvulas P.V.

3.2- Normas.

3.2.1- Recopilación de normas aplicables

- ISO 15364:2000
- SOLAS Reg. 59
- IMO MSC. 1009/677/373
- API 2000

Estas normas definen el siguiente concepto:

Buques y tecnología marina- válvulas de presión vacío para tanques de carga. Aireación, purga, desgasificación (gas-freeing) y ventilación; introduciendo un medio secundario de venteo para tanques de carga.

Enmendando las normas revisadas para el diseño, prueba y localización de los dispositivos para prevenir el paso de las llamas al interior de los tanques de carga de los buques tanque. Aireación y tanques de carga de baja presión.

Los requisitos se detallan en cada una de ellas, tal y como las presentamos a continuación.

Vista de conjunto de las reglas de OMI y Comunidad Europea. (An Overview of IMO and EC Regulations)

La industria naval está altamente regulada; globalmente está regulada por OMI y la UE a través de MED[1], así como por USA a través de USCG[2].

Conforme a la OMI MSC/Circ. 677 se regula el "Diseño, prueba y localización de los dispositivos para prevenir el paso de las llamas al interior de los tanques de carga en buques tanque" y de la CE Directiva 98/85/EC (A.1/3.12), las válvulas de alta velocidad PV.

Más abajo se muestra una vista de conjunto de las reglas de OMI y CE en los últimos 15 años con una ilustración de cómo estas han afectado a las válvulas de PV de alta velocidad, incluyendo las áreas comprometidas, normas de pruebas aplicables y fecha de aplicación.

	1996	1998	2001	2008	2009	2009	2009
Regulation	IMO 677	EC Directive 98/85/EC	IMO 1009	EC Directive 2008/67/EC	ISO15364 (2007)	EC Directive 2009/26/EC	MSC.1/Circ. 1324
Amendment	Amending MSC/Circ 373	Amending 96/98/EC	Amending MSC/Circ 677	4th amendment 96/98/EC	ISO15364 (2007)	5th amendment 96/98/EC	Amending MSC/Circ677 & 1009
Compliance	Valid world wide	MED , EC flag, Ships entering EC waters	Valid world wide	MED , EC flag, Ships entering EC waters	Recommended for use by the National Standards Bodies	MED , EC flag, Ships entering EC waters	Valid world wide
Item designation	Revised standards for the design, testing and location of devices to prevent passage of flame into cargo tanks in tankers	A.1 / 3.12 Devices to prevent passage of flames into the cargo tanks of oil tankers (high velocity valves only)	Revised standards for the design, testing and location of devices to prevent passage of flame into cargo tanks in tankers	A.1 / 3.12 Devices to prevent the passage of flames into the cargo tanks in tankers (*New is fire endurance test and test of GFC*)	Ships and Marine technology – Pressure/ Vacuum valves for cargo tanks. *(New is non-oscillation requirement of 2 sec. opening)*	A.1 / 3.12 Devices to prevent the passage of flames into the cargo tanks in tankers *(New is non-oscillation requirement of 2 sec. opening)*	Amendment to the revised standards for the design, testing and location of devices to prevent passage of flame into cargo tanks in tankers.
Testing Standard	MSC/Circ677	MSC/Circ 450 *MSC/Circ 677*	MSC/Circ 677 MSC/Circ1009 *ISO15364(2000)*	MSC/Circ 677 MSC/Circ1009 *EN12874 (2001)* ISO15364(2000	MSC/Circ 677 MSC/Circ1009 EN12874 (2001) *ISO15364(2007)*	MSC/Circ 677 MSC/Circ1009 EN12874 (2001) *ISO15364(2007)*	Cargo ships carrying type IIB cargoes= MESG 0.65mm
Date of validity				Valid July 21 2009		Valid April 06 2010	Valid Jan 01 2013 **MED: July 21,09*

[1] The ***M***arine ***E***quipment ***D***irective (MED) covers certain equipment carried and used on ships registered under the flags of European Union member states. It provides the basis for assessing the conformity of marine equipment.

[2] US Coast Guard Compliance Certificates

Normas de pruebas actuales de la UE (Current EU Testing Standards)

Bajo la EC Directive 2009/26/EC y su 5th Enmienda, todas las válvulas de PV están sujetas a pruebas rigurosas. Las normas de prueba válidas son:

- EN12874 (2001): apaga llamas- características, métodos de prueba y límites de utilización.
- ISO15364 (2007)
- IMO MSC/Circ 677 and MSC/Circ 1009
- MSC/Circ 1324

EN12874 (2001): Apaga llamas-características, métodos de prueba y límites de utilización (Flame Arresters - Performance, Test Methods and limits for use)

EN12874 (2001) Es una norma de prueba adicional que aplica a “Dispositivos para prevenir el paso de las llamas al interior de los tanques de carga de los buques tanque”. Esta incluye una prueba de resistencia al fuego y una prueba de tapas de desgasificación.

ISO15364 (2007)

Desde 2009, ISO15364 (2000) ha sido modificada para incluir también un requisito de no-oscilación de 2 segundos a la apertura. Esta modificación es ISO15364 (2007)

IMO MSC/Circ 677 and MSC/Circ 1009

MSC /Circ 1009 es una enmienda a MSC/Circ 677, la cual está basada en MSC/Circ 373. Estas circulares mencionadas dan las directrices para el diseño, pruebas y localización de los dispositivos para prevenir el paso de las llamas al interior de los tanques de carga de los buques tanque. Estas normas cubren las válvulas de PV. de alta velocidad.

MSC.1/Circ 1324

Esta relata la MESG y enmienda MSC/Circ.677 y 1009. Esta es obligatoria en la UE bajo la MED desde el 21 de Julio de 2009, pero sólo será obligatoria en todo el mundo a partir del 1 de Enero de 2013.

Maximum Experimental Safety Gap (MESG), MSC/Circ 1324

The IMO Maritime Safety Committee, at its eighty-sixth session (27 May to 5 June 2009), approved the following amendments to MSC/Circ.677:

.1 Paragraph 1.2.3 is replaced with the following:

"1.2.3 These Standards are intended for devices protecting cargo tanks containing crude oil, petroleum products and flammable chemicals. In the case of the carriage of chemicals, the test media referred to in section 3 can be used for products having an MESG of 0.9 mm and greater. However, devices for chemical tankers certified for the carriage of products with an MESG less than 0.9 mm should be tested with the following media based on the apparatus group assigned as per column i of the IBC Code, chapter 17:

.1 Apparatus Group II B - ethylene (MESG = 0.65 mm); and

.2 Apparatus Group II C - hydrogen (MESG = 0.28 mm).

Where no apparatus group is assigned in column i", the device should be tested in accordance with the requirements for Apparatus Group II B."

These amendments are commonly referred to as IMO MSC.1/Circ.1324 and will come into force worldwide for ships constructed on or after 1 January 2013 and to ships constructed before 1 January 2013, no later than the first scheduled dry-docking carried out on or after 1 January 2013.

In Europe, these amendments came into force in the MED EN2008/67/EC from July 21, 2009

3.2.2- Síntesis de las normas aplicables.

A continuación incluimos la traducción de las circulares de la OMI, así como una síntesis de los apartados de la ISO 15364 donde se especifican los materiales, requisitos, pruebas, inspecciones e instrucciones de operación y mantenimiento.

3.2.2.1- IMO, MSC[3]/Circ.677 de 30 Diciembre 1994

"REVISIÓN DE LA NORMA PARA EL DISEÑO, PRUEBA Y LOCALIZACIÓN DEL DISPOSITIVO PARA PREVENIR EL PASO DE LA LLAMA HACIA LOS TANQUES DE CARGA EN BUQUES TANQUE"

1- A través de la resolución A.519 (13) la Asamblea, celebrada en el período de sesiones de 1983, le solicitó al MSC que antes de la entrada en vigor de las enmiendas de 1981 del Convenio SOLAS, ultimara las normas relativas a los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga, tarea que el Comité estaba entonces llevando a cabo.

2- El comité, en su cuarenta y nueve período de sesiones (2 al 6 de 1984) aprobó las normas desarrolladas que se adjuntaron en la MSC/Circ.373.

3- El Comité también decidió que los sistemas de gas inerte se considerarían equivalentes a los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga, solamente si los orificios de respiración de los buques provistos de sistemas de gas inerte llevan al menos unos dispositivos para impedir el paso de las llamas a los tanques de carga, si bien no era necesario que estos dispositivos cumplieran las prescripciones relativas a la prueba de combustión prolongada. El Comité observó que en las normas se prestaba más importancia al cumplimiento de las especificaciones de ensayo que a la construcción. Se comprendió entonces que, en el caso de un buque tanque provisto de un sistema de gas inerte, bastaba con disponer de medios que impidiesen la retrogresión de la llama y que una pantalla corta llamas correctamente proyectada e instalada podría cumplir este criterio**. En resumen, si una pantalla corta llamas cumplía las normas, se debería considerar aceptable.**

4- El comité, en su cincuenta y cinco período sesiones, (11 al 22 de abril de 1988), aprobó enmiendas a las normas contenidas en la circular MSC/Circ.373, y distribuyó las normas revisadas mediante la circular MSC/Circ.373/Rev.1.

[3] MSC. Maritime Safety Committee

5- El comité, en su sesenta y cuatro período de sesiones, (5 al 9 de 1994), reconociendo la necesidad de aclarar determinadas disposiciones de las normas revisadas, aprobó nuevas enmiendas a estas normas, que se han incorporado en el texto que figura en el anexo.

6- Se invita a los Gobiernos Miembros a que den efectividad a las presentes normas revisadas al aplicar la regla II-2/59 del Convenio SOLAS 1974, enmendado.

3.2.2.2 MSC/Circ.1009 de 8 de junio de 2001

“ENMIENDAS A LAS NORMAS REVISADAS PARA EL PROYECTO, LA PRUEBA Y EL EMPLAZAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DESTINADOS A IMPEDIR EL PASO DE LAS LLAMAS A LOS TANQUES DE CARGA DE LOS BUQUES TANQUE (MSC/CIRC.677)”

1- El Comité de Seguridad Marítima, en su setena y cuatro período de sesiones (28 de mayo a 8 de junio de 2001), tras tomar nota de que se había completado la norma 15364 de la ISO, “ Ships and marine technology - Pressure/vacuum valves for cargo tanks “ (Buques y tecnología marítima – Válvulas de presión/vacío para los tanques de carga), aprobó enmiendas al párrafo 1.2.4 de las Normas revisadas para el proyecto, la prueba y el emplazamiento de los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga de los buques tanque (MSC/Circ.677), según se indica a continuación:

“1.2.4 Los dispositivos se probarán y situarán de conformidad con las presentes normas. Además de cumplir las mismas, las válvulas de presión/vacío deberán cumplir la norma 15364/2000 de la ISO.”

2- Se invita a los Gobiernos Miembros a que apliquen las enmiendas a las Normas revisadas, junto con la regla II-2/4* del Convenio SOLAS 1974, enmendado, a los dispositivos instalados el 1 de julio de 2002 o posterior.

3- También se invita a los Gobiernos Miembros que tengan a bien señalar dichas enmiendas a las Normas revisadas, a la atención de proyectistas y propietarios de buques y a otras partes interesadas en el proyecto, la construcción y el funcionamiento de los buques tanque.

3.2.2.3- MSC 1/Circ.1324 de 10 de junio de 2009

“ENMIENDAS A LAS NORMAS REVISADAS PARA EL PROYECTO, LA PRUEBA Y EL EMPLAZAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DESTINADOS A IMPEDIR EL PASO DE LAS LLAMAS A LOS TANQUES DE CARGA DE LOS BUQUES TANQUE (MSC/CIRC.677, ENMENDADA POR LA CIRCULAR MSC/CIRC.1009)”

1- El Comité de Seguridad Marítima, tras tomar nota en su 86º periodo de sesiones (27 de mayo a 5 de junio de 2009) de que era necesario aclarar las disposiciones de los párrafos 1.2.3 y 4.1.4 de las Normas revisadas para el proyecto, la prueba y el emplazamiento de los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga de los buques tanque (MSC/Circ.677), a fin de garantizar que el valor del intersticio experimental máximo de seguridad (IEMS) del medio utilizado para someter a prueba el dispositivo sea adecuado con respecto al producto certificado para su transporte en el tanque en el que se instale el dispositivo, aprobó las siguientes enmiendas a la circular MSC/Circ.677:

Se sustituye el párrafo 1.2.3 por el siguiente:

"1.2.3 Las presentes normas son aplicables a los dispositivos de protección de los tanques de carga que contengan crudos, productos del petróleo y productos químicos inflamables. Cuando se trate del transporte de productos químicos, se podrán utilizar los medios de prueba descritos en la sección 3 con respecto a los productos que tengan un intersticio experimental máximo de seguridad (IEMS) igual o superior a 0,9 mm.
No obstante, los dispositivos para buques tanque quimiqueros certificados para el transporte de productos cuyo IEMS* sea inferior a 0,9 mm, se someterán a prueba con los siguientes medios basados en los grupos de aparatos asignados en la columna i" del capítulo 17 del Código CIQ: .1 grupo de aparatos II B – etileno (IEMS = 0,65 mm); y .2 grupo de aparatos II C – hidrógeno (IEMS = 0,28 mm).
Cuando no se asigna un grupo de aparatos en la columna i", el dispositivo se someterá a prueba de conformidad con las prescripciones aplicables al grupo de aparatos II B.

"2- Se sustituye el apartado .4 del párrafo 4.1 por el siguiente:

".4 el emplazamiento aprobado para la instalación, incluidas las longitudes máxima o mínima del tubo, si lo hubiere, entre el dispositivo y la salida a la atmósfera y el grupo de aparatos asignado al dispositivo sometido aprueba;".* Se hace referencia a la publicación 79-1 de la CEI.

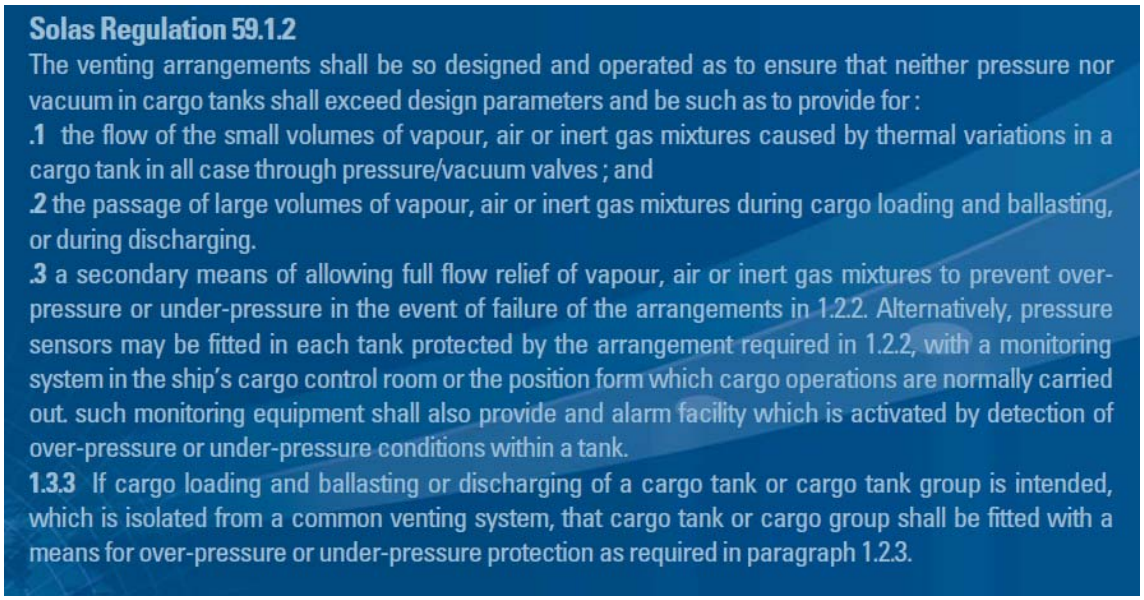
2- Se invita a los Gobiernos Miembros a que apliquen las enmiendas a las Normas revisadas, en su forma enmendada, a los buques construidos el 1 de enero de 2013 o posteriormente, y a los buques construidos antes del 1 de enero de 2013, a más tardar en la primera entrada programada en dique seco que se realice el 1 de enero de 2013 o posteriormente.

3- Se invita asimismo a los Gobiernos Miembros a que pongan las enmiendas anteriormente mencionadas a las Normas revisadas en conocimiento de los capitanes, armadores, propietarios de buques, fabricantes de la carga y otras partes interesadas en el proyecto, la construcción y el funcionamiento de los buques tanque.

_____

3.2.2.4- SOLAS regla II-2-59

Las enmiendas de 1981 y de 1983 al Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en la mar, 1974 SOLAS, incluyen las prescripciones revisadas relativas a las medidas de seguridad contra incendios en los buques tanque. La regla II-2-59 de dichas enmiendas contiene disposiciones relativas a aireación, purga, desgasificación y ventilación.


Solas Regulation 59.1.2
The venting arrangements shall be so designed and operated as to ensure that neither pressure nor vacuum in cargo tanks shall exceed design parameters and be such as to provide for :
.1 the flow of the small volumes of vapour, air or inert gas mixtures caused by thermal variations in a cargo tank in all case through pressure/vacuum valves ; and
.2 the passage of large volumes of vapour, air or inert gas mixtures during cargo loading and ballasting, or during discharging.
.3 a secondary means of allowing full flow relief of vapour, air or inert gas mixtures to prevent over-pressure or under-pressure in the event of failure of the arrangements in 1.2.2. Alternatively, pressure sensors may be fitted in each tank protected by the arrangement required in 1.2.2, with a monitoring system in the ship's cargo control room or the position form which cargo operations are normally carried out. such monitoring equipment shall also provide and alarm facility which is activated by detection of over-pressure or under-pressure conditions within a tank.
1.3.3 If cargo loading and ballasting or discharging of a cargo tank or cargo tank group is intended, which is isolated from a common venting system, that cargo tank or cargo group shall be fitted with a means for over-pressure or under-pressure protection as required in paragraph 1.2.3.

La OMI en 1996-97 concluyó que los sistemas de venteo de los tanques en muchos casos no encontraron unos razonables niveles de calidad respecto a las características de servicio. La tasa de incidentes fue inaceptable y esto fue la causa de la decisión de revisar SOLAS II-2-59 y propuso a ISO la redacción de una norma con el fin de definir las características mecánicas, el mantenimiento y los requerimientos de operación que complementara las normas existentes de pruebas. La ISO 15364 define ahora los requisitos de SOLAS y OMI MSC/Circ. 677/Rev1.

3.2.2.5- ISO 15364:2000 “Buques y tecnología marina- Válvulas de presión/vacío para tanques de carga.

Prólogo:

ISO[4] es una organización internacional de normalización. El trabajo de redacción de las normas internacionales es normalmente preparado por los diferentes comités técnicos.

Los borradores de las normas adoptadas por los comités deben circular por los diferentes miembros para su votación. La publicación de una norma internacional requiere la aprobación de al menos el 75% de los miembros.

La ISO 15364 fue preparada por el comité técnico ISO/TC 8, *Buques y tecnología marina*, subcomité SC3*, Tuberías y máquinas*.

1- Alcance.

Esta norma aplica a las válvulas de alivio de presión/vacío que protegen los sistemas del buque, incluidos los tanques de carga que pueden ser sometidos a condiciones de presión/vacío fuera de los parámetros de diseño de los tanques y sistemas.

La norma específica los requisitos mínimos para las características y pruebas de las válvulas de alivio de presión/vacío, haciendo especial énfasis en la selección de materiales, acabados internos y requisitos superficiales para las válvulas instaladas en los tanques de carga de los buques tanque.

La norma específica los criterios de diseño y de servicio, pruebas operacionales y requerimientos de mantenimiento.

Esta norma no cubre los procedimientos de prueba para prevenir el paso de las llamas, ni de los apagallamas. Dicha información se encuentra en el capítulo II-2, regla 4 del SOLAS y en las IMO MSC/Circ. 677 y 1009.

2- Referencias normativas.

- OMI, MSC/Circ.677
- OMI, MSC/Circ.1009
- OMI, Assembly Resolution A.746(18) “ Survey Guidelines under the Harmonized System of Survey and Certification”
- OMI, 2002 SOLAS, Chapter II-2, Regulation 4.

[4] ISO (the International Organitation for Standardization)

3- Términos y definiciones.

En este punto únicamente incluimos los términos específicos para la comprensión de la norma.

3.2- Apagallamas (Flame arrester)

Es un dispositivo para prevenir el paso de la llama, diseñado y probado conforme a las características especificadas en la norma.

3.3- Venteo de alta velocidad (high velocity vent)

Es un dispositivo para prevenir el paso de las llamas, consistiendo en una válvula mecánica con el ajuste de apertura para el flujo en función de la presión interna de forma que la velocidad de flujo no sea menor de 30 m/s.

3.4- Válvula de presión/vacío. (Pressure/vaccum valve)

Dispositivo diseñado para mantener la presión y el vacío en un contenedor cerrado dentro de los límites programados.

3.7- MESG Máxima Separación Experimental de Seguridad (Maximum Experimental Safe Gap)

El máximo huelgo de la junta entre dos partes del interior de la cámara del aparato de prueba el cual, cuando hay ignición de la mezcla del gas interno y bajo las condiciones especificadas, previene la ignición de la mezcla de gas externo a través de una junta de longitud de 25 mm, para todas las concentraciones del gas probado o vapor en el aire. El MESG es una propiedad de cada mezcla de gas respectivamente.

3.13 – Máxima sobrepresión deseada.

La mayor caída de presión generada por encima de una válvula que se ha verificado en la prueba de laboratorio correspondiendo a su capacidad de flujo.

4- Materiales.

En esta cláusula se especifican por la norma todos los materiales aceptables para cada uno de los componentes de las válvulas, ya sean materiales metálicos, no metálicos, acabados superficiales, así como la resistencia al fuego y a la corrosión galvánica que deberán soportar.

En el último punto 4.5 se concreta que los planos verificados deberán incluir una completa lista detallada de los materiales que mostrará la conformidad con esta cláusula y cualquier otro requisito listado en la cláusula 5.

5- Otros requerimientos.

5.1- La máxima tasa de fuga de gas deberá ser suministrada y expresada en volumen de gas con el aire estándar que puede fugar para el ajuste nominal de la válvula correspondiente al 80%.

5.2- El cuerpo y elementos de la válvula y las juntas deberán ser capaces de soportar la máxima y mínima presión y temperatura que el dispositivo deba soportar bajo su condición normal de operación.

5.3- Cuando se utilice construcción soldada para soportar la presión de sus componentes, el diseño de las uniones soldadas, soldadura y ensayos no destructivos, deberán estar de acuerdo con las normas nacionales e internacionales. Los soldadores y los procedimientos de soldadura deberán estar cualificados por una organización reconocida por las normas nacionales e internacionales.

5.4- Las válvulas PV deberán ser diseñadas de forma que el vapor condensado y el agua retenida en la zona de presión drenen desde el dispositivo hacia el tanque sin que afecten a la eficiencia del dispositivo. El diseño deberá también prevenir la acumulación de agua en el interior del dispositivo y consecuentemente el bloqueo debido a la congelación en los componentes internos que deberá ser drenada y evacuada.

5.5- Todos los cierres fundamentales para la operación del dispositivo deberán estar protegidos contra la pérdida.

5.6- El dispositivo deberá ser diseñado y construido para minimizar el efecto de las incrustaciones bajo las condiciones normales de operación.

5.7- Los dispositivos serán capaces de operar completamente fuera de su rango de temperaturas del aire. Debe ser capaz de operar en condiciones de congelación y cuando esté cubierto de una capa de hielo. Los dispositivos serán también capaces de operar sea cual sea la temperatura de la superficie por los preparativos de calentamiento.

5.8- Cuando los dispositivos sean instalados como final de línea directamente en las emanaciones verticales ascendentes y utilizados para prevenir el paso de las llamas, la velocidad mínima de gas sin obstáculos en el chorro no será menor de 30 m/s para todos los rangos de flujo del dispositivo.

5.9- Un medio manual será provisto para verificar que ningún disco de la válvula y otros elementos móviles se levantan libremente y completamente y no pueden quedarse en posición abierta. El diseño deberá permitir que el dispositivo sea verificado para comprobar que no queda fuera de servicio por corrosión, residuos de construcción o congelación, cuando el mencionado medio manual es utilizado en combinación con los requisitos del fabricante para inspección visual.

5.10- El disco de válvula y otras partes móviles deben ser guiados por un medio apropiado para prevenir agarrotamientos y asegurar un cierre adecuado, teniendo en cuenta un posible aumento de vapores condensados pasando a través de la válvula durante la carga, cuando el mantenimiento se esté realizando conforme a los requisitos del suministrador. El cierre de la válvula será metal con metal. Los sellos de asiento elástico deben ser tales que, los discos de cierre sean herméticos contra el asiento en caso de que se destruyan o dañen los sellos.

Los discos de la válvula deberán ser macizos o huecos con tal de que el peso del material pueda ser ajustado a la presión de elevación o apertura.

La presión de tarado no podrá ser modificada más que por el personal del fabricante y con la aprobación previa de la Administración.

Una indicación clara, visible desde el exterior de la válvula, deberá ser utilizada para indicar la posición del disco de la válvula. La indicación será visible desde abajo y desde el costado de la válvula al nivel de la cubierta.

5.11- Las válvulas podrán ser actuadas por un diafragma no metálico cuando el fallo pudiera provocar una no restricción del flujo de los vapores del tanque hacia la atmósfera o por un aumento de la presión o del vacío cuando la válvula alivie normalmente.

5.12- Los mecanismos de ajuste de la presión de alivio deberán estar permanentemente aseguradas por una tuerca de seguridad u otro sistema que prevenga el dispositivo frente a desajustes debidos a la manipulación, instalación o vibraciones.

6- Aprobación de las pruebas.

6.1- Los tipos de pruebas aprobados deberán ser dirigidos por un laboratorio aceptado por la administración. El fabricante, al elegir el laboratorio, deberá asegurarse de que el laboratorio está cualificado para dirigir las pruebas previstas por esta norma y que el laboratorio tiene los aparatos, instalaciones, personal e instrumentos calibrados para la prueba.

Alternativamente, las pruebas previstas por esta norma podrán ser conducidas por el fabricante cuando las pruebas sean presenciadas por terceros designados por la Administración quien podrá certificar que las pruebas han sido conducidas adecuadamente.

6.2- Una de cada modelo de dispositivo y de cada medida deberá ser probado. Cualquier modificación del modelo ya sea de diseño o materiales deberá ser notificado a la Administración.

6.2.1- Deberá realizarse una prueba de corrosión en las condiciones que se definen en este punto.

6.2.2- El límite de la presión de estanquidad del dispositivo deberá ser comprobado sometiendo al dispositivo a una prueba de presión hidrostática de al menos el 150% de la tasa máxima de presión o a una presión mínima de 3450 hPa (50 psig), la que sea mayor, durante diez minutos sin roturas, fugas o con deformaciones permanentes. Para esta prueba el disco deberá ser calibrado.

6.2.3- Las características de funcionamiento deberán ser declaradas por el fabricante, así como la tasa de flujo o caudal bajo presión positiva o negativa, sensibilidad de funcionamiento, resistencia al flujo y velocidad, deberán ser probadas.

6.2.4- Una prueba de congelación exterior deberá ser realizada para verificar que la válvula estará operable. Las condiciones de la prueba se describen en este punto.

6.3- Un informe de prueba deberá ser preparado por el laboratorio para cada prototipo. Este deberá incluir:

- Un plano verificado del dispositivo y sus elementos.
- Tipo de prueba realizada y resultados obtenidos.
- Recomendaciones específicas en anexos aprobados.
- Planos de los equipos de prueba utilizados y su descripción.
- Un registro de los límites encontrados sobre la prueba del dispositivo.
- Un manual de instrucciones del fabricante.
- Referencia del informe.

7- Inspecciones.

7.1- El comprador deberá comprobar que el fabricante tiene los medios e instalaciones necesarias para suministrar el material de acuerdo con los requisitos de esta norma.

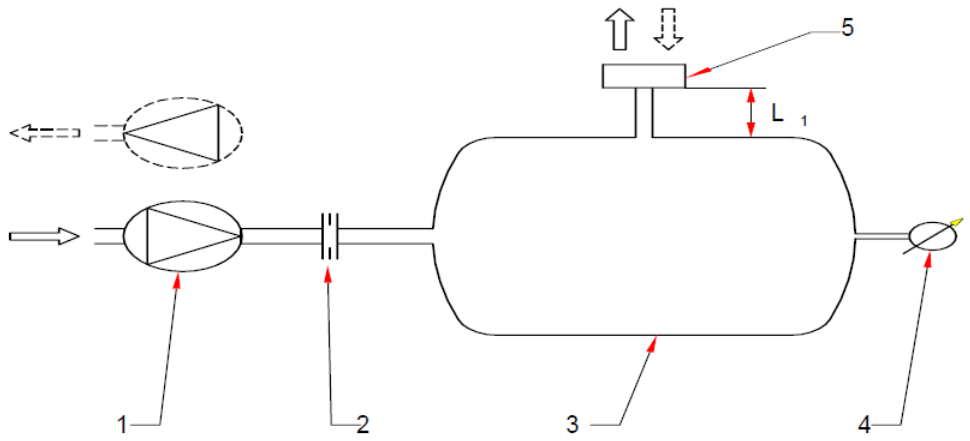
7.2- Cada dispositivo terminado deberá someterse a una comprobación visual y dimensional para asegurar que cumple con los requisitos de esta norma.

7.3- Cada dispositivo terminado será sometido a una prueba de fugas para verificar que cumple con los límites de fuga acordados en la sección 5.1

8- Flujo y velocidad de las pruebas.

La capacidad de cada válvula PV deberá ser establecida por una prueba de flujo al menos en un modelo de cada tipo y medida de los dispositivos de venteo bajo las condiciones listadas en las secciones 8.2 a 8.4.

8.4.5- La prueba de flujo debe realizarse según el esquema mostrado en fig.1. Todos los instrumentos deben estar calibrados y tener una incertidumbre no mayor que +/- 5%



KEY
1. Blower or Fan
2. Flow meter
3. Tank
4. Pressure Measurement
5. Pressure / Vacuum Valve
L_1. Length of Connection Pipe

Fig. 1: Flow test rig

9- Prueba de amortiguación de oscilaciones (Undamped oscilaciones test.)

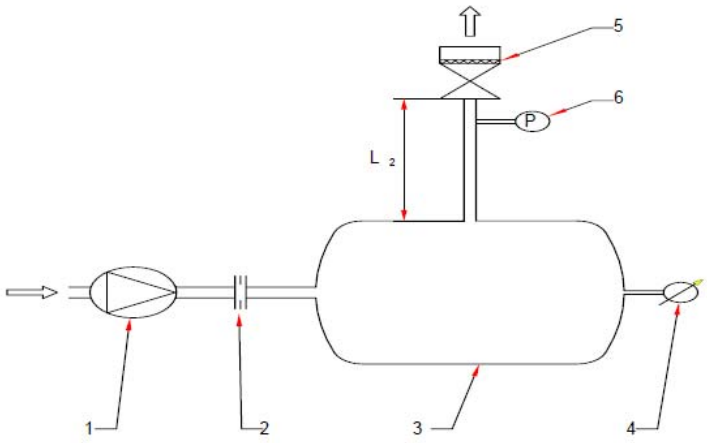
Los venteos de alta velocidad deben ser probados para oscilaciones no amortiguadas. El aparto de prueba es el que se muestra en fig.2.

Todos los instrumentos deben ser calibrados.

Esta prueba debe llevarse a cabo con el menor y el mayor punto de apertura disponible para cada modelo particular sin un cambio de calibración que constituya una modificación como se define en la nota 8.4.1.

La longitud L_2 debe ser solicitada al fabricante. La prueba debe ser llevada a cabo durante 5 minutes cada 10 espaciada equitativamente la tasa de flujo empezando al 10% sobre la presión de tarado aumentando la tasa de flujo hasta que la válvula esté completamente abierta.

Si el sensor de presión 6 indica oscilaciones no amortiguadas, la tubería L_2 debe ser recortada hasta que cesen las oscilaciones. La longitud debe ser grabada como L_m. Los codos pueden ser despreciados.



KEY
1. Blower or fan
2. Flow meter
3. Tank
4. Pressure measurement
5. High velocity vent valve
6. Pressure sensor
L_2 Length of vent pipe

Fig. 2: Test rig for undamped oscillations

10-Documentación.

10.1- Se debe suministrar un manual de instrucciones El manual de instrucciones debe incluir los ítems descritos en 10.2 a 10.10.

10.2.- Conforme al anexo E se especificará la información siguiente:

Specification Information	Purpose	A. Data location B. Description of test data/application note
1. Nominal pipe size, configuration of piping, and pipe length	Compliance with design parameters for tank pressure limits, and for high velocity vents, compliance with non-hammering conditions.	A: Type approval certificate. B: For high velocity vents: Fire test records indicating piping limitations for safe, non-hammering performance (minimum diameter and maximum length from valve to ullage/buffer volume).
2. Maximum gas density considered	Compliance with design parameters for tank pressure limits.	B: Convert to standard air
3. Lowest MESG	Suitability for the application.	A: Type approval certificate. B: The lowest MESG of the IEC explosion group allowed.
4. Set opening points for pressure and vacuum	Suitability for the application.	A: Type approval certificate. B: The upper and lower values applied during flow testing shall not be exceeded.
5. Maximum overpressure	Compliance with design parameters for tank pressure limits and the selected opening setting of the device.	A: Certified flow charts. B: The flow chart format shall show the maximum pressure drop over the valve for any flow volume. This value is essential for pressure drop calculations.
5a. Pressure drop at maximum flow	Compliance with design parameters for tank pressure limits and the selected opening setting of the device.	A: Certified flow charts. B: The flow chart shall show the pressure drop over the valve at the maximum required flow rate to be established.
6. Minimum reseating pressure	Suitability for the application in regard to minimize the loss of cargo vapour.	A: Certified flow charts. B: The flow chart format shall indicate the reseating pressure.
7. Maximum and minimum ambient temperature	Suitability for the application.	A: Instruction manual. B: The manufacturer's recommendations shall not be exceeded.
8. Materials of construction	Suitability for the application.	A: Verified drawing. B: The combination of materials chosen may not have lesser corrosion resistance than the version tested. The drawing shall include a bill of materials in accordance with Section 4.
9. Surface treatment and coating	Suitability for the application.	A: Instruction manual. B: The surface treatment and coating, if any, shall be decided by the buyer with due consideration to Annex D.

Specification Information	Purpose	A. Data location B. Description of test data/application note
10. Maximum gas flow in standard air, pressure drop of the piping system, and maximum tank pressure	Suitability for the application and compliance with design parameters for tank pressure limits, alarms, liquid filled breakers, filling limitations for high density cargoes.	A: Certified flow chart B: The maximum tank pressure allowed in normal operations less an appropriate fouling factor and margin for alarm and breaker settings, etc. shall not be exceeded when calculating the combined pressure caused by the valve and the pressure drop over the piping system.
11. Maximum outer ice layer thickness	Suitability for the application.	A. Type approval certificate B. Due consideration shall be given to vessel service conditions and facilities available for on-deck de-icing before cargo operations and during voyage.
12. For high velocity vents: the minimum velocity required for the unimpeded gas jet above the valve's outer extremity	Suitability for the application.	A: Recorded in test report B: The ability to disperse gas above deck relates to the gas velocity of the unimpeded jet forming above the valve with a minimum velocity of 30 m/s.
13. Maximum gas leakage rate	Suitability for the application.	A: Instruction manual. B: The verified product data shall state the maximum gas leakage rate of a new valve at 80% of the nominal setting.

10.3- Instrucciones de instalación.

10.4- Instrucciones de operación.

10.5- Instrucciones de mantenimiento conforme al anexo D incluyendo información sobre el sistema de prevención contra la oxidación.

10.6- Instrucciones de limpieza.

10.7- Planos de despiece con indicaciones para cada componente así como el orden de desmontaje y montaje para inspección, limpieza, reparación y/o sustitución de elementos internos. El diseño no permitirá que la válvula sea incorrectamente montada después de reparada, limpiada o inspeccionada. Se incluirá en los planos la información sobre las tolerancias de alineación de cada componente para asegurar que se alcanza el ajuste especificado de forma que se restablezcan las condiciones originales de la válvula respecto a la tasa de presión y flujo.

10.8- Descripciones completas de trabajo, incluyendo planos, sobre como sustituir las piezas que pueden desgastarse en servicio sin retirar la válvula.

10.9- Instrucciones para el usuario para comprobar la carrera de la válvula previamente a cada operación de carga o descarga para garantizar que:

- se verifique que no hay obstrucciones al movimiento de las partes móviles, y
- asegurar que las condiciones de suciedad están controladas para establecer las condiciones seguras de operación y su completa capacidad.

Se incluirá un plano que muestre todas las partes móviles o libres cuando el eje de comprobación sea operado.

10.10- Informes de pruebas.

11-Marcado.

Cada dispositivo debe ser marcado permanentemente indicando:

- Nombre del fabricante o marca.
- Tipo, modelo u otra designación del fabricante del dispositivo, para que se muestre una única identificación aprobada.
- Medida de los internos.
- Número de serie.
- Dirección del flujo a través del dispositivo.
- Prueba del laboratorio y número del informe.
- Tarado de presión y vacío.
- Designación ISO de esta norma.

Nota: si se cambia la presión de tarado, la marca se actualizará en conformidad.

12-Garantía de calidad

12.1- Los dispositivos deberán diseñarse, fabricarse y probarse de manera se aseguren las características del prototipo probado conforme a esta norma.

12.2- Los dispositivos fabricados mantendrán la calidad de los dispositivos, probados y marcados conforme a esta norma.

Anexo A- Requisitos de instalación para buques sometidos a SOLAS. (Ver documento anexo).

Anexo B- Medidas de la prueba de flujo. (Ver documento anexo).

Anexo C- Guía para la selección de materiales. (Ver documento anexo).

Anexo D- Guía sobre la protección para la corrosión. (Ver documento anexo).

Anexo E- Especificaciones sobre la información a suministrar. (Ver documento anexo).

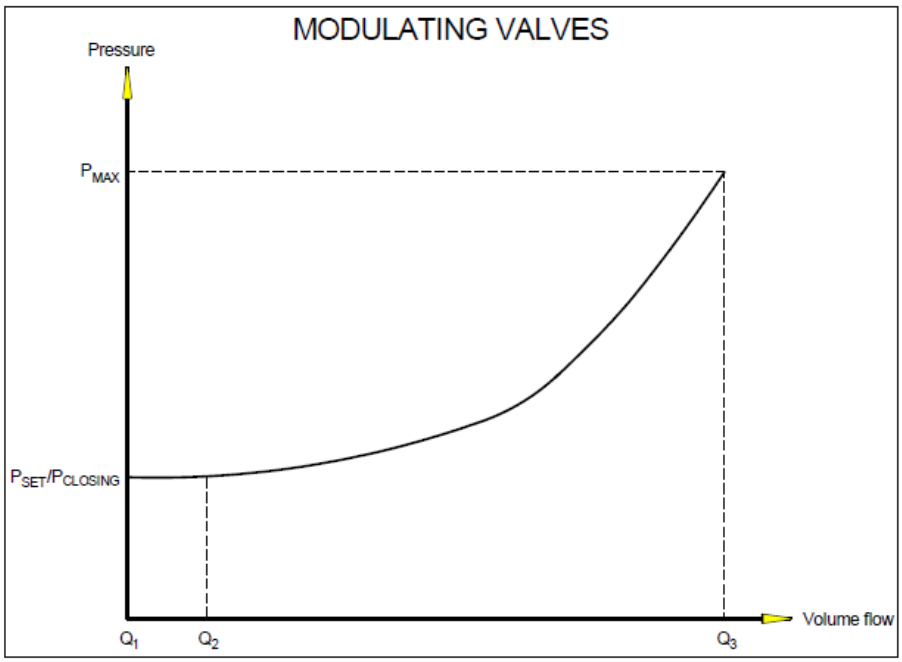
Anexo F- Ejemplos de las curvas de flujo.

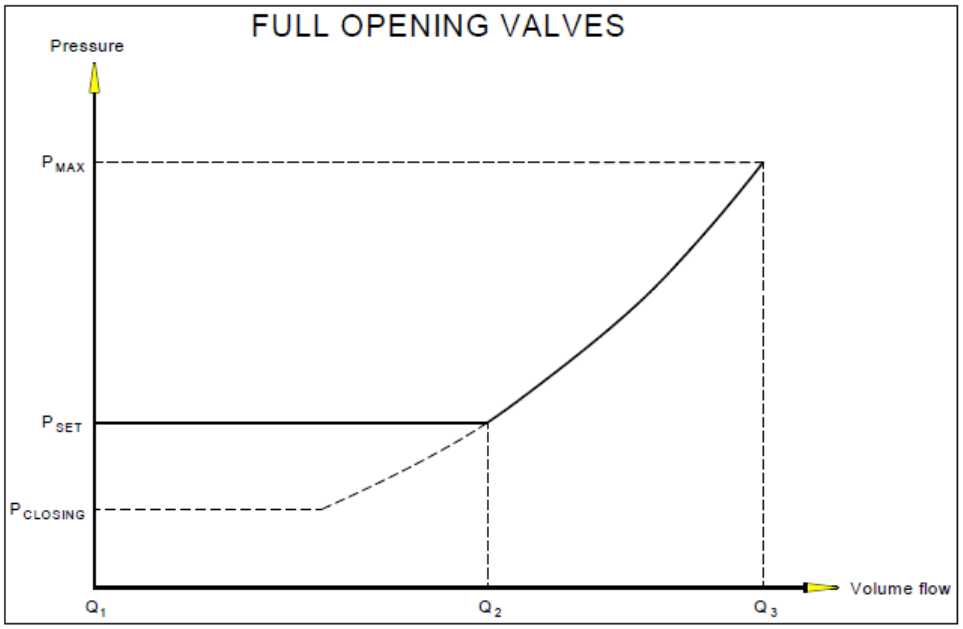
Annex F

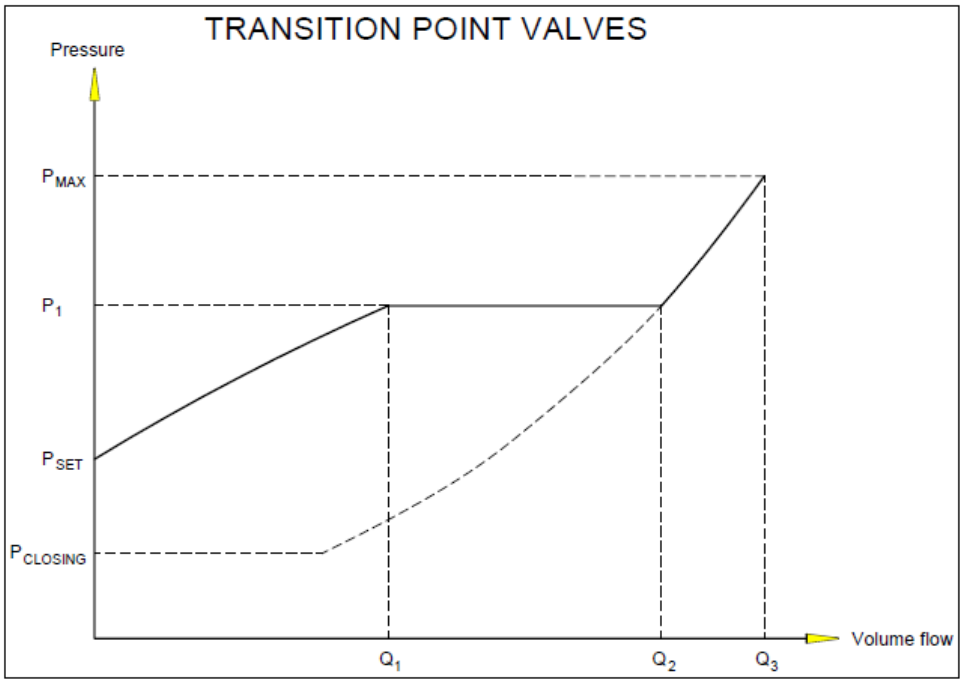
(Informative)

Flow chart examples

Flow charts issued according to Section 8 should appear as follows, indicated for each type:




FULL OPENING VALVES
Pressure
P MAX
P SET
P CLOSING
Volume flow
Q1
Q2
Q3


TRANSITION POINT VALVES
Pressure
P MAX
P1
P SET
P CLOSING
Volume flow
Q1
Q2
Q3

3.2.2.6- Norma UNE EN 12874.

Extracto de la norma UNE EN 12874

Para ayudar a los usuarios y a los fabricantes a decidir qué apagallamas es el más adecuado para sus aplicaciones, debería considerarse lo siguiente:

1. Servicio
Suministrar una descripción breve del uso previsto del apagallamas.

2. Análisis de gases y vapores
Suministrar los detalles completos de los componentes inflamables y no inflamables; lo cual permitirá la elección correcta del diseño del apagallamas, grupo de explosión y materiales.

3. Peso molecular o densidad de gases o vapores
Esto permitirá el cálculo de un flujo equivalente para la determinación de la pérdida de carga.

4. Caudal
Debería estar en términos volumétricos, o suministrar información suficiente para permitir el cálculo de un flujo volumétrico. Para aplicaciones de almacenamiento en depósito se deberían dar los requisitos de aspiración e impulsión o suministrar información suficiente del tipo de depósito, forma resistente a la presión, dimensiones, velocidades de llenado y vaciado para permitir el cálculo de estos parámetros.

5. Intervalos de temperaturas
Tanto para las condiciones de diseño como para las de operación, las temperaturas máximas y mínimas permitirán fabricar el elemento apagallamas correctamente y el diseño mecánico del bastidor del apagallamas.

6. Intervalos de presión
Para las condiciones de diseño y operación, la presión máxima y mínima permitirán la correcta realización del elemento apagallamas y del diseño mecánico del bastidor. Debería remarcarse la presión máxima a la que una mezcla inflamable puede encenderse en el proceso, si es diferente a la presión de operación normal. Deberían proporcionarse los requisitos de presión y de vacío para las aplicaciones de almacenamiento en depósitos.

7. Pérdida de carga admisible
Esto permitirá realizar la correcta configuración del apagallamas y se determina a partir del caudal volumétrico.

8. Tipo
Especificar si se requiere en línea, final de línea, pre-volumétrico, seguridad en combustión breve o prolongada y detonación estable/inestable. Para los tipos en línea deberían suministrarse detalles de las tuberías entre el apagallamas y la posible fuente de ignición en forma de un croquis o un dibujo isométrico con dimensiones.

9. Orientación
Establecer la orientación prevista para el apagallamas.

10. Tamaño de tubería
Debería establecerse el tamaño nominal de la conexión al sistema de tuberías.

11. Tipo de conexión
Proveer detalles de las conexiones de brida o rosca (p. ej., DIN, ANSI, clase de presión).

12. Material del bastidor
Establecer el material preferido para la construcción; el fabricante puede revisarlo a partir de a partir de una evaluación de la composición de la mezcla y de las condiciones de operación.

13. Material del elemento apagallamas
Establecer el material preferido para la construcción del elemento apagallamas; el fabricante puede revisarlo a partir de a partir de una evaluación de la composición de la mezcla y de las condiciones de operación.

14. Construcción
Se debería tener especial cuidado cuando se utilicen materiales como aluminio o plásticos que pueden provocar carga electrostática o inducción de chispas.

15. Documentación
Establecer los requisitos de documentación

Además, recomendamos:

Un margen de reservas al efectuar el dimensionado

Debido al peligro de ensuciamiento del intersticio estrecho en los apagallamas, el efectuar el dimensionado debe tenerse en cuenta un margen de reservas.

3.3- Criterios de diseño.

“Se emplean los venteos directos cuando las pérdidas por evaporación no revisten importancia y se aplican válvulas de presión/vacío cuando las pérdidas por evaporación del producto almacenado deben ser limitadas al máximo o cuando las emisiones deben ser reducidas al mínimo por motivos económicos y de protección ambiental.”

Los criterios de diseño se recogen en la norma ISO 15364, en concreto en los apartados 4 –Materiales-, 5 –Otros requisitos- y 6-Pruebas-, así como en los anexos de la norma siguientes:

Anexo B- Medidas de la prueba de flujo. (Ver documento anexo).

Anexo C- Guía para la selección de materiales. (Ver documento anexo).

Anexo D- Guía sobre la protección para la corrosión. (Ver documento anexo).

Anexo F- Ejemplos de las curvas de flujo.

3.4- Características técnicas especificadas por el fabricante en cumplimiento de los requisitos que cumplen con (2001) IMO, EN, API, and ISO

A continuación reflejamos las características técnicas de dos fabricantes diferentes:

- Preparada para cero emisiones.*(Prepared for zero-emission upgrade)*
- Valores de tarado ajustables *(Adjustable blow-down value)*
- Eje de comprobación de la carrera complete con indicación visual desde el exterior de la posición de los discos*. (Full stroke/self closing check lifts with visual indication from the outside as to the position of the discs.)*
- Minima Tasa de fugas. *(Minimum stray emission rates according to ISO 15364)*
- Ausencia de martilleo y de oscilaciones. *(Non-hammering and non-oscillating according to certified service restrictions)*
- Ausencia de drenado externo e interno. Auto-drenado complete hacia el tanque. *(No external or internal drains, completely self-draining to tank)*
- Holguras de niveles inmejorables*. (Net clearances of unsurpassed levels)*

- Inspección y sustitución de partes desgastadas sin desmontar la válvula de su posición de instalación. *(Inspection and replacement of wear parts without removing the valve from the point of installation.)*

- Indicadores de mantenimiento*. (Maintenance indicators.)*

- El tarado de la presión de alivio es ajustable dentro del rango pre-fijado. *(Pressure relief setting is adjustable within pre-fixed range)*

VQHV-ISO : Outstanding features

Non-hammering, oscillation-free operation
Compact design in cast-steel acid-resistant material
Function testing with single full-lift lever
Vent-disc- position indicators
Easy maintenance, with cleaning indicators and flushing ports
Large net clearance
Completely self draining
Easy replaceable seats

VQHV-ISO : Rules and regulations

All products are tested and type approved by major classification societies as well as USCG

ISO 15364:2000	Ships and marine technology – pressure vacuum valves for cargo tanks.
SOLAS Reg. 59	Venting, purging, gas-freeing and ventilation; introducing a secondary means of venting for cargo tanks.
IMO MSC. 1009/677/373	Amendment to the revised standards for the design, testing and location of devices
	to prevent the passage of flames into cargo tanks in tankers.
API 2000	Venting atmospheric and low-pressure storage tanks

SAFETY

4- Fundamentos técnicos. Metodología de cálculo para el dimensionamiento.

Nota importante: PROTEGO autoriza por mail de fecha 30 de mayo 2011 la utilización de la información técnica y del software, Venting calculation, al autor de este trabajo. (Ver anexos)

4.1- Procesos de combustión.

Procesos de combustión

Las mezclas explosivas pueden arder de diferentes formas. Las causas que influyen sobre el proceso de combustión, entre otras cosas, son la composición química de la mezcla, las posibles ondas de presión, una precompresión, la configuración geométrica del recinto en el que se produce la combustión y la velocidad de propagación de las llamas.

Los **Procesos de Combustión** determinantes para los apagallamas están definidos en las normas internacionales:

La **Explosión** como término genérico es la reacción repentina de la oxidación o la descomposición con aumento de la temperatura, de la presión o de ambas a la vez [véase también la norma EN 1127-1:1997].

La **Deflagración** es una explosión que se propaga a una velocidad subsónica [EN 1127-1:1997]. Dependiendo de la expansión geométrica del espacio en el que se produce la combustión, se distingue entre deflagración atmosférica, deflagración pre-volumétrica y deflagración en línea.

La **deflagración atmosférica** (figura 2) es una explosión al aire libre (volumen no confinado) y sin aumento notable de presión.

La **deflagración pre-volumétrica** (figura 39) es una explosión en un volumen confinado (p. ej., en el interior de un recipiente) desencadenada por una ignición en el interior del volumen.

La **deflagración en línea** (figura 5) es una explosión acelerada dentro de una tubería, que se mueve en la dirección del eje del tubo con una velocidad de propagación de las llamas subsónica.

La **combustión estable** es la combustión constante de una llama estabilizada en, o cerca del elemento apagallamas. Aquí se diferencia entre **combustión breve** (una combustión estabilizada durante un tiempo determinado) y la **combustión prolongada** (una combustión estable por un tiempo indeterminado) (figura 4).

La **detonación** es una explosión que se propaga a velocidad supersónica y está caracterizada por una onda de choque [EN 1127-1:1997]. Aquí se hace una distinción entre **detonación estable** y **detonación inestable** (figura 5).

Una detonación es **estable** cuando progresa a lo largo de un sistema confinado sin una variación significativa de las características de velocidad y presión (el intervalo de velocidades típico está entre 1600 m/s y 2200 m/s). Una detonación es **inestable** durante la transición de un proceso de combustión de una deflagración a una detonación estable. La transición ocurre en la pequeña zona espacial donde no es constante la velocidad de la onda de combustión y donde la presión de explosión es significativamente mayor que la de detonación estable. NOTA: La posición de esta zona de transición es estadísticamente fluctuante y depende, entre otros factores, de la presión de operación y de la temperatura de operación, del diámetro D de la tubería, de la configuración de tuberías, del gas de ensayo y del grupo de explosión.

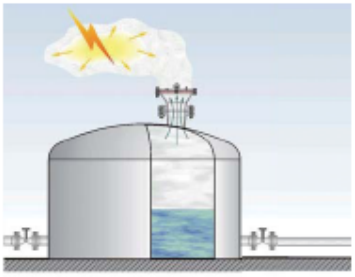


Figura 2: Deflagración atmosférica

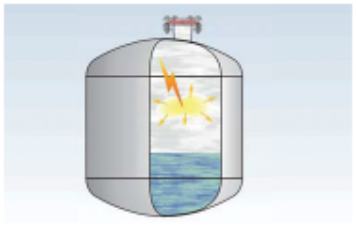


Figura 3: Deflagración pre-volumétrica

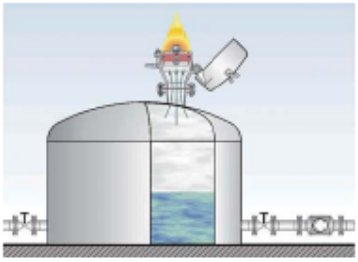


Figura 4: Combustión estable: Combustión prolongada

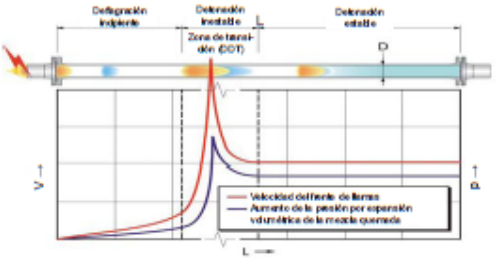


Figura 5: Deflagración – detonación inestable – detonación estable
L = distancia a la fuente de ignición
D = diámetro de la tubería
v = velocidad de la llama
p = presión
DDT = zona de transición de deflagración a detonación

PROTEGO
para la seguridad y la protección del medio ambiente

4.2- Apagallamas

Fundamentos técnicos

Apagallamas

Tipos básicos

Los apagallamas se subdividen según el proceso de combustión (combustión prolongada, deflagración, detonación y sus variantes) y según el tipo de instalación (apagallamas final de línea, apagallamas pre-volumétrico, apagallamas en línea).

Se distingue entre:

a) Apagallamas estático seco
b) Apagallamas estático húmedo
c) Apagallamas dinámico

Modo de funcionamiento

a) Apagallamas estático seco

Técnicamente es posible fabricar los elementos apagallamas tipo banda, constituidos por bandas de metal enrolladas en espiral, con diferentes anchos de intersticio entre las bandas. El ancho del intersticio se puede cambiar según la capacidad deflagrante de los vapores de producto explosivos.

El FLAMMENFILTER® (filtro de llamas) se obtiene enrollando las bandas de metal que forman el elemento apagallamas. El principio funcional de la extinción de llamas se aplica en los apagallamas final de línea PROTEGO® y en los apagallamas en línea PROTEGO® (→ capítulos 2, 3, 4, y 7).

Cuando se produce la inflamación de una mezcla en un intersticio entre dos paredes, la llama se propaga en dirección a la mezcla no quemada. La expansión volumétrica de la mezcla quemada comprime la mezcla no quemada y acelera la llama.

La extinción de la llama tiene lugar por la liberación de calor en la capa límite «s» en la gran superficie del intersticio en relación con la anchura del mismo «D» y la pérdida de temperatura por debajo de la temperatura de ignición del producto.

La anchura y la longitud del intersticio determinan la capacidad de extinción del elemento apagallamas.

Cuanto más estrecho y más largo es el intersticio, más efectiva es la capacidad de extinción. Cuanto más ancho y más corto es el intersticio, menor es la pérdida de presión. La optimización entre ambos se obtiene a través de la experimentación.

Tecnología PROTEGO® original

Como protección contra todos los procesos de combustión, PROTEGO® ha desarrollado apagallamas estáticos secos, los ha optimizado en cuanto a su forma constructiva y los ha hecho certificar con éxito en procedimientos nacionales e internacionales de examen de tipo. La base la constituye el FLAMMENFILTER® que se utiliza en todos los apagallamas PROTEGO®.

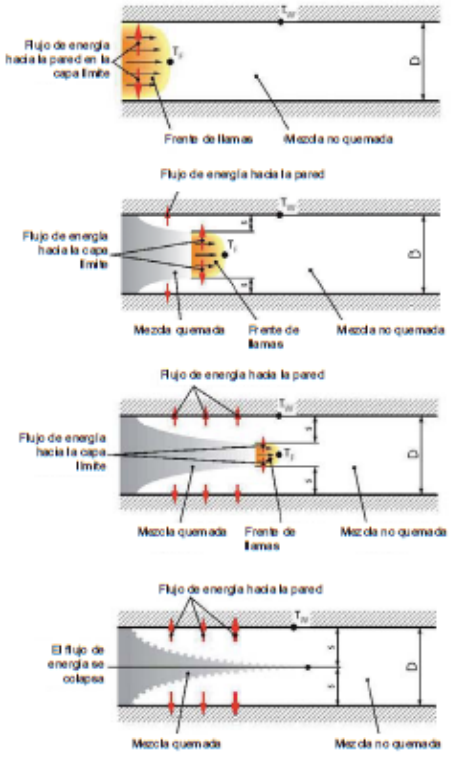

Flujo de energía hacia la pared en la capa límite
Frente de llamas
Mezcla no quemada
Flujo de energía hacia la pared
Flujo de energía hacia la capa límite
Mezcla quemada
Frente de llamas
Mezcla no quemada
El flujo de energía se colapsa

Figura 6:
Extinción de la llama en un intersticio estrecho (flame quenching) a través de la liberación de calor

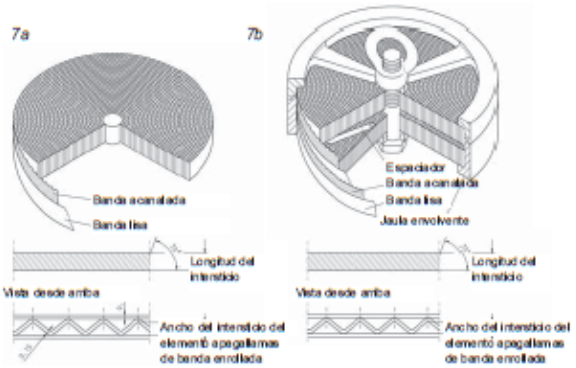


Figura 7:
FLAMMENFILTER® (a) con anchura y longitud del intersticio y apagallamas PROTEGO® (b) con FLAMMENFILTER® y espaciador

- Definiciones.

Definición

1. Los **apagallamas** (figura 8a) son dispositivos que están instalados en la abertura de una envolvente o en el sistema de tuberías de conexión de un sistema de envolventes y cuya función prevista es permitir el flujo, pero impedir la transmisión de la llama.

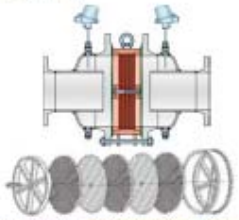


Figura 8: Apagallamas PROTEGO® (a) y elemento apagallamas PROTEGO® (b, construcción modular)

2. El **elemento apagallamas** PROTEGO® (figuras 8b y 7b) es la parte de un apagallamas cuya función principal es prevenir una transmisión de llama.
3. Varios **FLAMMENFILTER®** (figura 7a) forman junto con los espaciadores y una jaula envolvente el elemento apagallamas PROTEGO® (figura 7b y 8b).
4. Dependiendo de las condiciones de instalación y funcionamiento deben utilizarse apagallamas a prueba de detonaciones o apagallamas a prueba de deflagraciones. Según el modo de funcionamiento, puede ser necesaria una cualificación adicional para la combustión estable (combustión breve, combustión prolongada).

b) Apagallamas estáticos de tipo sello líquido

Los apagallamas **tipo sello líquido** son interceptores hidráulicos que trabajan según el principio del sifón y en los que el líquido de cierre extingue las llamas que llegan a él de una deflagración o detonación. Podemos distinguir dos sistemas:

1. El apagallamas a prueba de detonaciones de producto líquido: El fluido de trabajo se utiliza como líquido de cierre y forma un interceptor hidráulico. El apagallamas a prueba de detonaciones de producto líquido PROTEGO® se utiliza como apagallamas en línea y como apagallamas final de línea (→ capítulo 5).

2. El apagallamas hidráulico: Diseñado para parar el caudal de una mezcla explosiva con burbujas discretas en una columna de agua previniendo así la transmisión de la llama. Este tipo de apagallamas hidráulico PROTEGO® (→ capítulo 8) se utiliza contra deflagraciones, detonaciones y combustión prolongada y se diseña especialmente para cada caso en concreto.

Los apagallamas hidráulicos PROTEGO® se utilizan como apagallamas en línea y también como interceptores colectores y dispositivos de seguridad antirretorno en conductos colectores de aire usado situados delante de instalaciones de combustión de efluentes gaseosos. En estos casos es necesario observar importantes parámetros relativos a la seguridad con el fin de garantizar la protección contra explosiones requerida.

c) Apagallamas dinámicos

Los apagallamas dinámicos están diseñados para producir una velocidad del gas saliente en operación que excede la velocidad de la llama de la mezcla explosiva que entra al depósito previniendo así la transmisión de la llama. Este principio encuentra su aplicación en las válvulas de sobrepresión de diafragma PROTEGO® y en las válvulas de venteo de alta velocidad PROTEGO® (→ capítulo 7). Antes de que la velocidad de salida alcance valores críticos, la válvula debe volver a estar cerrada con la correspondiente distancia de seguridad.

Los apagallamas en la UE están sujetos al examen de tipo según la directiva 94/9/CE y se consideran **sistemas de protección** que deben ir provistos del marcaje CE. Son probados y certificados de forma estándar según la norma DIN EN 12874 de acuerdo con las exigencias de la norma. Si han sido examinados según otras normas internacionales, deberá colocarse el marcaje correspondiente de forma visible.

Grupos de explosión

Los distintos gases tienen, debido a su composición química, una capacidad de transmisión de llama distinta. Por ello se subdividen de acuerdo con su peligrosidad en grupos de explosión. La referencia para la clasificación es el **IEMS** = **I**ntersticio **E**xperimental **M**áximo de **S**eguridad, un índice medido en el laboratorio para conocer la capacidad de transmisión de llama del producto. El IEMS o también **ancho de intersticio estándar** es la máxima separación entre las dos partes de la cámara interior de un aparato de ensayo que, cuando se provoca la ignición de la mezcla de gas interior y bajo condiciones específicas, previene la ignición de la mezcla externa de gas a través de un espacio de 25 mm. de largo, para todas las concentraciones del gas o vapor de ensayo en aire. El IEMS es una propiedad de cada mezcla de gas [EN 1127-1:1997]. NOTA: Los tarados de prueba y el método de ensayo están especificados en la norma CEI 60079-1 A. La máxima capacidad de transmisión de llama se encuentra cerca de la concentración estequiométrica de la mezcla de aire y gas/vapor.

Grupo de explosión	IEMS [mm]	NEC/ NFPA	Sustancia de referencia
I	1,14 ≤ IEMS		Metano
IIA	0,9 < IEMS < 1,14	D	Propano
IIB	0,5 ≤ IEMS ≤ 0,9	C	Etileno o hidrógeno
Subdivisión del grupo de explosión IIB en			
IIB1	0,85 ≤ IEMS ≤ 0,9	C	Etileno
IIB2	0,75 ≤ IEMS < 0,85	C	Etileno
IIB3	0,65 ≤ IEMS < 0,75	C	Etileno
IIC	IEMS < 0,5	B	hidrógeno

La anterior tabla muestra la división de las sustancias de acuerdo con su IEMS en cada uno de los grupos de explosión (EN 12874, NEC/NFPA).

Fundamentos técnicos

Apagallamas

Con respecto al IEMS de las diversas sustancias, valores adicionales y magnitudes características de las mismas, véase literatura especializada (y principalmente información técnica sobre datos característicos relativos a la seguridad). PROTEGO® pone a disposición de los interesados previa solicitud esta información.

Por regla general, a medida que aumentan la presión y la temperatura, los apagallamas se ven sometidos a una mayor carga. Los apagallamas que hayan sido probados bajo condiciones atmosféricas están homologados y por lo tanto pueden ser utilizados hasta 60 °C y 1,1 bar abs. Si la temperatura o la presión de operación son mayores deberán ser sometidos a un examen especial para parámetros de funcionamiento más altos.

PROTEGO® ofrece apagallamas para los grupos de explosión mencionados anteriormente y también para presiones más altas (< 1,1 bar abs) y temperaturas más altas (> 60 °C) cuando lo exijan los parámetros de funcionamiento.

Tipo de instalación y punto de instalación

Dependiendo del punto de instalación, los dispositivos tienen que cumplir tareas de protección distintas:

En la abertura de un sistema de envolventes a la atmósfera
—► **Apagallamas de final de línea**

En la abertura de un componente a la tubería que lo conecta
—► **Apagallamas pre-volumétrico**

En la tubería —► **Apagallamas en línea**

Los **apagallamas de final de línea PROTEGO®** protegen contra deflagraciones atmosféricas y combustión estable, bien sea combustión breve o combustión prolongada. Tienen posibilidad de conexión por un solo lado y no pueden montarse en la tubería. Sin embargo, los apagallamas de final de línea PROTEGO® también pueden combinarse con válvulas de presión y vacío (→ capítulo 5 Válvulas de presión y vacío con elementos apagallamas).

Los **apagallamas pre-volumétricos PROTEGO®** son apagallamas integrados en el elemento de construcción (y pertenecientes al elemento de construcción), que deben ser verificados junto con éste.

Los **apagallamas en línea PROTEGO®** protegen contra deflagraciones y/o detonaciones estables y/o inestables en tuberías. Deben ser montados en el interior de la tubería y no ser usados como apagallamas de final de línea.

Debe elegirse el lugar de montaje del apagallamas de acuerdo con su uso previsto. En el caso de los apagallamas en línea a prueba de deflagraciones hay que asegurarse de que no se sobrepasa la relación L/D máx. permitida (L = distancia de la fuente de ignición al punto de instalación del apagallamas, D = diámetro de la tubería). No debe instalarse el apagallamas en línea a prueba de deflagraciones a una distancia excesiva de la fuente de ignición, con el fin de que la deflagración no se convierta en una detonación si el recorrido es muy largo. La relación L/D máx. permitida se determina experimentalmente y puede consultarse en los manuales de instrucciones.

Selección

La efectividad de un apagallamas debe probarse y homologarse. Los apagallamas se clasifican según el proceso de combustión y el lugar de aplicación previsto. Los criterios para realizar la selección se describen en los capíPtulos correspondientes. Las diversas variantes y la diversidad de tipos tienen su fundamento en soluciones hechas a medida según cada aplicación en concreto. Los dispositivos PROTEGO® son por regla general de fácil mantenimiento debido al diseño modular del elemento apagallamas. Ciertos detalles constructivos especiales (dispositivo amortiguador de ondas de choque patentado o tubo de onda de choque SWGTE (Shock Wave Guide Tube Effect)) permiten un mejor rendimiento debido a que las pérdidas de presión son mínimas.

Punto de instal.	Apagallamas de final de línea			como compon.	Apagallamas en línea		
Proceso de combustión	Deflagración atmosférica	Deflagración atmosférica y combustión breve	Deflagración atmosférica, así como combustión breve	Deflagración pre-volumétrica	Deflagración en línea	Detonación estable y deflagración en línea	Deflagración inestable y deflagración en línea
ejemplos de aplicación	→ Tanque, pág. 27 → Capucha de ventilación, pág. 29			→ Recipiente	→ Conducto colector de efluentes gaseosos, pág. 27 → Instalación de combustión, pág. 28 → Recuperación de vapores, pág. 30		
Productos	→ Cap. 2	→ Cap. 2	→ Cap. 2	→ Cap. 3	→ Cap. 3	→ Cap. 4	→ Cap. 4

PROTEGO® tiene el dispositivo correcto para cada aplicación concreta

- Apagallamas de final de línea a prueba de deflagraciones atmosféricas: Apagallamas a prueba de deflagraciones de final de línea PROTEGO® (capítulo 2)
- Apagallamas de final de línea a prueba de deflagraciones atmosféricas y combustión breve: Apagallamas a prueba de deflagraciones de final de línea PROTEGO® (capítulo 2)
- Apagallamas de final de línea a prueba de deflagraciones atmosféricas, así como combustión breve y prolongada: Apagallamas de combustión prolongada PROTEGO® (capítulo 2)
- Apagallamas a prueba de deflagraciones en componentes: Apagallamas a prueba de deflagraciones pre-volumétricas PROTEGO® (capítulo 3)
- Apagallamas en línea a prueba de deflagraciones: Apagallamas a prueba de deflagraciones en línea PROTEGO® (capítulo 3)
- Apagallamas en línea contra deflagraciones y detonaciones estables: Apagallamas a prueba de detonaciones en línea PROTEGO® (capítulo 4)
- Apagallamas en línea a prueba de deflagraciones y detonaciones estables e inestables: Apagallamas en línea PROTEGO® a prueba de detonaciones (capítulo 4)

4.3- Válvulas de presión y vacío.

Desarrollo

Los recipientes cerrados o los tanques de almacenamiento para líquidos deben tener un orificio a través del cual se pueda descargar la presión que se va estableciendo, de modo que el recipiente no se rompa. Del mismo modo debe compensarse cualquier presión negativa en el recipiente cuando se vacía el tanque o el recipiente, con el fin de evitar una aspiración. Pueden producirse sobrepresiones o presiones negativas (denominadas también vacíos) inadmisibles, por ejemplo, al llenar, al vaciar, en la limpieza con vapor, en la alimentación de gas inerte o por efectos térmicos. Ello puede tener lugar, por ejemplo, mediante una conexión que no quede bloqueada a una red de tuberías de ventilación no sometida a presión o mediante un orificio de ventilación libre a la atmósfera. Para esta aplicación concreta se usan capuchas de ventilación (figura 1).

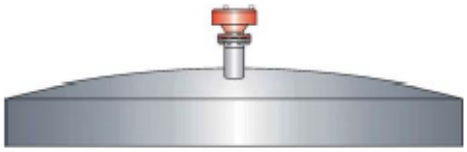


Figura 1: Ventilación libre del tanque de almacenamiento con PROTEGO® EH/OS

Los vapores de producto que escapan pueden ser tóxicos, de olor molesto, inflamables o representar meramente una pérdida de producto. Lo que hacen es contaminar la atmósfera. La concentración local de instalaciones químicas y de procesamiento y la contaminación del medio ambiente ligada a la misma crecieron en la primera mitad del siglo pasado de un modo tal que, en especial en países industrialmente desarrollados, se impuso el empleo de válvulas que mantienen cerrados los orificios libres durante el funcionamiento normal y sólo se abren para permitir una ventilación de emergencia.

Los dispositivos de ventilación previstos como válvulas de aspiración y descarga no deben quedar bloqueados (figura 2).

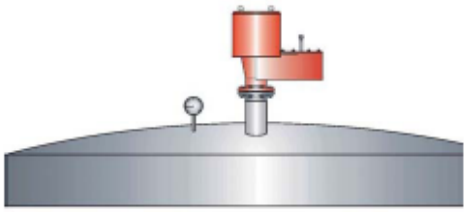


Figura 2: Ventilación del tanque de almacenamiento con válvula de presión y vacío PROTEGO® VD/SV

Estas válvulas deben ser dispositivos sencillos y robustos, que no necesiten mando externo, no sean propensos a sufrir averías y cumplan las tareas que se esperan de ellos: mantenimiento y compensación de la presión.

Tecnología de las válvulas

Las válvulas de presión y vacío PROTEGO® tienen platos de válvula a contrapeso o bajo presión de muelle. En caso de sobrepresión en el tanque, el plato de la válvula de presión guiado en el cuerpo se levanta y descarga el caudal volumétrico a la atmósfera hasta que baja la presión de operación (figura 3a). Entonces se vuelve a cerrar la válvula. El lado de vacío se mantiene especialmente hermético por la carga adicional causada por la sobrepresión. En caso de que en el tanque reine una presión negativa, la sobrepresión de la atmósfera levanta el plato de vacío y se produce la ventilación del tanque por aspiración (figura 3b).

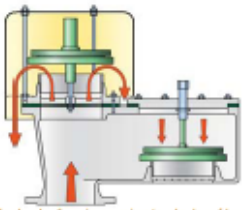


Figura 3a: Modo de funcionamiento de la válvula en caso de presión

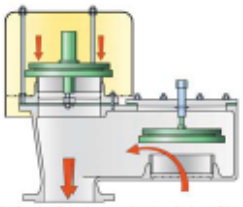


Figura 3b: Modo de funcionamiento de la válvula en caso de vacío

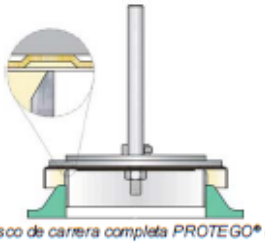


Figura 4: Disco de carrera completa PROTEGO® con dispositivo de estanqueidad con cojín de aire

En principio la válvula de diafragma a contrapeso de líquido y la válvula piloto mandada por el mismo fluido trabajan del mismo modo.

Los discos de válvula a contrapeso pueden tener diferentes diseños. Se diferencia entre el disco de carrera completa (figura 4 y figura 5 a, b) y el disco normal (figura 6).

La estanqueidad del plato de la válvula respecto al asiento de válvula tiene lugar mediante una junta de cojín de aire de etileno-propileno fluorado (FEP), metálica o con una junta plana de PTFE, dependiendo de la presión de tarado y de la aplicación concreta. La mejor estanqueidad se consigue con un plato de válvula metálico esmerilado encima de un asiento de válvula metálico. Si las presiones de tarado son pequeñas, una junta de cojín de aire FEP proporciona un cierre estanco. La estanqueidad de las válvulas PROTEGO® es muy superior al estándar normal (DIN 3230 caudal de fuga B0 o API 2521) y cumple con ello las altas exigencias de la protección contra emisiones.

Después de reaccionar, las **válvulas de presión y vacío con plato de válvula de carrera completa** PROTEGO® alcanzan ya dentro del intervalo de sobrepresión del 10% (en relación a la presión de tarado) la carrera completa de alzada de la válvula y con ello su máximo rendimiento.

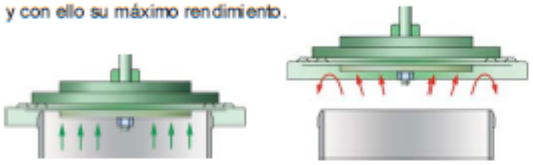


Figura 5 a: Flujo con disco de elevación total y junta de cojín de aire

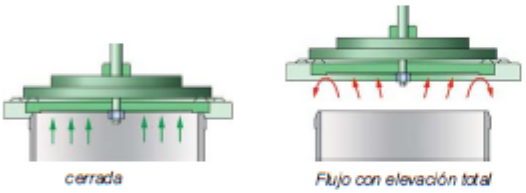


Figura 5b: Flujo con disco de elevación total y dispositivo de estanqueidad metálico

Esto se consigue armonizando de manera precisa el diámetro y la altura del borde del plato de válvula con el asiento de válvula esmerilado y adaptado. Además el diseño del factor de aumento del caudal refuerza el efecto general en el lado de salida de flujo. Estos platos de la válvula se utilizan en válvulas final de línea y en válvulas en línea.

Las **válvulas de presión y vacío con plato de válvula normal** PROTEGO® alcanzan después de iniciar la apertura una sobrepresión del 40% (en relación a la presión de tarado) con un comportamiento proporcional del plato de carrera completa y su máximo rendimiento (figura 6).

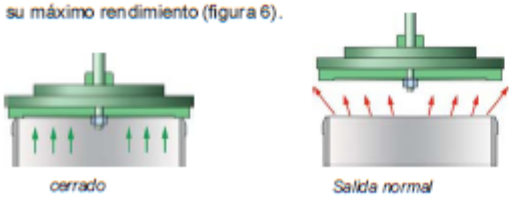


Figura 6: Flujo con disco normal (plano, con dispositivo de estanqueidad metálico)

Tras la respuesta inicial el aumento de presión es proporcional a la descarga de caudal hasta la elevación completa. En caso de una mayor contrapresión en el conducto de conexión en el lado de salida de la válvula o en caso de instalación en combinación con válvulas reductoras de presión, esta solución permite que el sistema completo trabaje de forma más estable. Sin embargo, los rendimientos volumétricos de estas válvulas no alcanzan los valores de las válvulas con platos de válvula de carrera completa. Estos discos de válvula (figura 6) se utilizan fundamentalmente en válvulas en línea cuando así lo exigen las condiciones de operación.

Según cual sea el diseño de la válvula y del plato de válvula, la sobrepresión de diseño y la presión negativa de diseño se consiguen con una sobrepresión distinta (figura 7). Las válvulas PROTEGO® están diseñadas de forma estándar para la tecnología del 10 %, salvo que se haya convenido otra cosa.

Ventajas de la **tecnología PROTEGO del 10 %**:

- Mantenimiento de la presión hasta justo debajo de la presión máxima admisible del tanque
- Minimización de las pérdidas de producto
- Reducción de emisiones

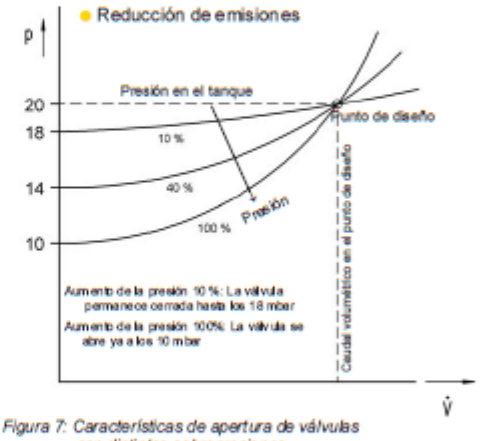


Figura 7: Características de apertura de válvulas con distintas sobrepresiones

La **válvula de diafragma PROTEGO®** (figura 8) tiene una carga de líquido por encima del diafragma.

La columna de líquido estática es proporcional a la presión de tarado. El diafragma flexible cargado por el líquido se ajusta estrechamente al asiento de válvula metálico, con lo que se garantiza una estanqueidad excelente. Si se sobrepasa la presión de tarado, el diafragma se levanta y libera la sección de descarga para que el caudal se evacue. Estas válvulas se utilizan, debido al diafragma flexible, cuando existen bajas temperaturas por causas ambientales y con diafragmas de etileno-propileno fluorado cuando el fluido es viscoso-adhesivo y polimerizante. Las válvulas de diafragma PROTEGO® son las únicas válvulas en todo el mundo que están protegidas contra congelación hasta -40 °C.

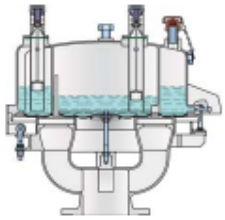


Figura 8: Válvula de diafragma PROTEGO® UB/SF-0

La **válvula piloto** operada por el propio fluido PROTEGO® evacua el caudal volumétrico sin que sea necesario un ulterior aumento de la presión (figura 9). Hasta que el mando piloto reacciona, la válvula permanece estanca. Después de reaccionar éste, se abre sin aumento de presión enseguida hasta la carrera máxima y libera la sección de descarga (presión de tarado = presión de alivio). Al aumentar la presión, aumenta la estanqueidad. Una vez se ha evacuado el flujo volumétrico y la presión ha bajado por debajo de la presión de apertura, la válvula vuelve a cerrarse. Las válvulas piloto PROTEGO® se utilizan fundamentalmente como válvulas de seguridad de alivio de presión en tanques con bajas temperaturas o en lugares donde la válvula deba permanecer especialmente estanca hasta alcanzar la presión de tarado.

Figura 9: Válvula de descarga pilotada PROTEGO® PM/DS

Las exigencias de funcionamiento respecto a la cantidad a ventilar y a la cantidad a descargar determinan la decisión sobre si se usan válvulas de presión y vacío separadas o combinadas.

Válvulas de presión y vacío para mantener la presión

El mantenimiento de la presión necesaria para el funcionamiento en los sistemas se asegura mediante válvulas que tienen en cuenta las condiciones límite de resistencia. Por encima de 0,5 bar de sobrepresión se usan válvulas de seguridad clásicas que deben ser tratadas según la norma EN ISO 4126 y la directiva «Equipos de presión» 97/23/CE (DEP) o según API 526 y ASME VIII, div. 1 u otros reglamentos. Por debajo de 0,5 bar de sobrepresión, el mantenimiento de la presión puede realizarse mediante dispositivos de seguridad que no estén sujetos a la directiva Equipos de Presión (DEP), pero que en cambio tienen que satisfacer otros criterios: estanqueidad, protección anticongelante, baja propensión a sufrir averías, ser de fácil mantenimiento. Las **válvulas de presión y vacío** conservadoras de presión PROTEGO® cumplen las exigencias a la vez que ofrecen el mejor grado de efectividad y aseguran, gracias a la tecnología del 10%, un funcionamiento seguro y las mínimas pérdidas por emisión incluso con las presiones de tarado bajas.

Las regulaciones técnicas nacionales e internacionales para mantener la pureza del aire son la base para calcular el ahorro (p. ej.: VDI 3479: Reducción de las emisiones para almacenes de distribución de aceite mineral, directiva COV 1999/13/CE y directiva 94/63/CE o API MPMS Chapter 19.1: „API Manual of Petroleum Measurement Standards" (Manual API de Estándares de Medición del Petróleo - Capítulo 19 - Medición de Pérdidas de Vapor, Sección 1 - Pérdidas de Vapor en los tanques de techo fijo, 3ª Edición). Los factores que influyen sobre la reducción de las emisiones son, entre otros, la forma de construcción del tanque, la pintura, el aislamiento y el mantenimiento de la presión mediante válvulas.

El efecto que tiene el mantenimiento de la presión sobre la reducción de las pérdidas de (vapores de) producto son mejores cuanto más se pueda aproximar la presión de tarado de la válvula a la presión máxima admisible del tanque. Debe ser posible evacuar el volumen de forma segura sin que el tanque se rompa. La comparación de las pérdidas de producto con distintas sobrepresiones muestra claramente las ventajas de la tecnología del 10 % frente a la tecnología del 40 % y especialmente frente a la sobrepresión del 100 %: El diseño de construcción, que ha sido desarrollado especialmente, ofrece ahorros considerables disminuyendo la sobrepresión necesaria hasta obtener el rendimiento requerido (figura 10).

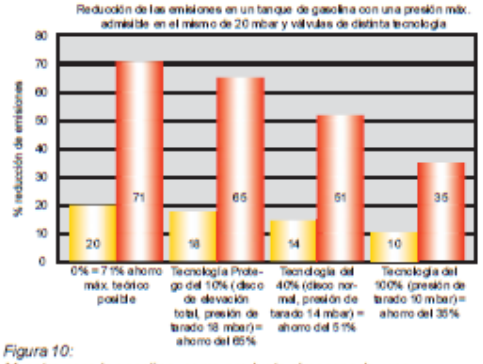

Reducción de las emisiones en un tanque de gasolina con una presión máx. admisible en el mismo de 20 mbar y válvulas de distinta tecnología
% reducción de emisiones
0
10
20
30
40
50
60
70
80
20
71
18
65
14
51
10
35
0% = 71% ahorro máx. teórico posible
Tecnología Protego del 10% (disco de elevación total, presión de tarado 18 mbar) = ahorro del 65%
Tecnología del 40% (disco normal, presión de tarado 14 mbar) = ahorro del 51%
Tecnología del 100% (presión de tarado 10 mbar) = ahorro del 35%

Figura 10:
Muestra para la gasolina, como producto almacenado, una comparativa de los ahorros de producto frente al tanque de respiración libre: En el ejemplo, las pérdidas de producto para una presión admisible en el tanque de 20 mbar y los ahorros en % con distintas sobrepresiones después de la apertura.

0% = hasta 20 mbar la válvula permanece cerrada: ahorro del 71%
10 % = la válvula no se abre hasta que no se alcanza una presión de tarado de 18 mbar, 65 % de ah
40 % = la válvula se abre cuando se alcanza una pres de tarado de 14 mbar, 51 % de ahorro
100 % = la válvula se abre ya a una presión de tarado de 10 mbar, sólo 35% de ahorro

Válvulas de presión y vacío para la despresurización y la respiración de tanques

Los tanques y recipientes situados a la intemperie están sujetos a las influencias meteorológicas, como calentamiento y enfriamiento (el tanque debe poder respirar). Estas influencias deben ser consideradas adicionalmente a los caudales volumétricos a alimentar o evacuar, como capacidades de las bombas, alimentación de gas inerte, etc. Estas influencias pueden ser calculadas con una buena aproximación (cfr. «Cálculo de la capacidad de ventilación de tanques para el dimensionado de válvulas de presión y vacío», pág. 18). La presión de alivio de la válvula no puede ser superior a la presión de diseño del tanque. El diseño o el tipo de la válvula determinan a qué valor por debajo de la presión de alivio hay que elegir la presión de tarado. Para válvulas de seguridad de tipo clásico, que son las que se utilizan en recipientes a presión, el incremento de presión sobre la presión de tarado durante el ascenso de la válvula debe ser como máx. del 10% (referido a la presión de tarado) cuando la presión de tarado sea > 1 bar de sobrepresión. Con presiones de tarado inferiores a 1 bar, la sobrepresión (incremento de la presión) puede ser incluso de 100 mbar, es decir, sobrepasar el 10%. Las válvulas PROTEGO® cumplen, con la tecnología acorde, las exigencias puestas a las válvulas de seguridad clásicas, ya a partir de presiones de tarado de 0,003 bar (3 mbar) con sobrepresiones del 10%.

Bajo condiciones de funcionamiento normales debe ser imposible bloquear el sistema de ventilación del tanque. Éste debe estar dimensionado de tal modo que no se sobrepase la presión de diseño del tanque para la presión y el vacío interiores bajo ninguna circunstancia. La **válvula de presión y vacío** prevista para la descarga y aspiración debe evacuar los caudales volumétricos máximos que se produzcan a causa de la capacidad de la bomba y de los efectos térmicos o de otro tipo. Frecuentemente a está válvula se la denomina también válvula de respiración.

Cuando sean necesarias tasas de descarga extremadamente altas debido a fuego en la superficie externa del tanque o por el funcionamiento defectuoso de equipos especiales del tanque (p. ej., sistema de gas de cobertura), habrá que utilizar **válvulas de descarga de emergencia** adicionales. En especial cuando el techo del tanque no disponga de una unión frangible a la carcasa (figura 11).

Cuando falla un sistema de gas de cobertura, pueden entrar grandes cantidades de gas en el tanque. Este exceso de gas debe ser evacuado del tanque a través del sistema de descarga, sin que se sobrepase la presión de diseño del tanque.

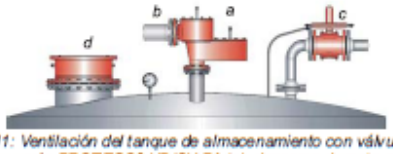


Figura 11: Ventilación del tanque de almacenamiento con válvula de presión y vacío PROTEGO® VD/SV-PA (a), descarga durante el funcionamiento normal al conducto colector de aire usado (b), compensación del vacío durante el funcionamiento normal a través de la válvula reguladora de nitrógeno PROTEGO® ZM-R (c), descarga en caso de incendio a través de la válvula de descarga de emergencia PROTEGO® ER/V (d).

Las válvulas PROTEGO® cumplen las funciones mencionadas anteriormente para el mantenimiento de la presión y para la despresurización como **válvula de presión**, como **válvula de vacío** o como **válvula de alivio combinada de presión y vacío**. En la norma EN 14015 se denomina a estas válvulas también válvulas compensadoras de exceso de presión, válvulas compensadoras de exceso de vacío o válvulas compensadoras combinadas de exceso de presión y vacío.

Lugar de instalación

En tanques, recipientes o conductos de descarga se utilizan en general válvulas final de línea PROTEGO®. En tuberías se utilizan válvulas en línea PROTEGO®, como válvula de regulación (proporcional). Su gran ventaja reside en la simplicidad de su diseño y en la robustez de su construcción, lo que hace que las válvulas trabajen sin apenas averías.

Cuando en las tuberías pueda producirse una atmósfera explosiva, además de las válvulas en línea se instalan también apagallamas a prueba de detonaciones, por separado o como dispositivos combinados. Las válvulas final de línea deben asegurarse en este caso con un elemento apagallamas contra deflagraciones atmosféricas (→ capítulo 7).

Dimensionado de las válvulas

Para dimensionar las válvulas de presión y vacío, se necesitan los caudales volumétricos máximos posibles, las presiones máximas admisibles y las características de funcionamiento (parámetros de proceso).

Definiciones:

Presión de tarado = la válvula comienza a abrirse bajo las condiciones de funcionamiento = presión de tarado de la válvula a 0 bar de contrapresión

Presión de alivio = presión de tarado + sobrepresión (10% o 40%)

Presión de cierre = la válvula vuelve a estar cerrada y a ser estanca

Sobrepresión = aumento de la presión desde el inicio de la apertura hasta que se alcanza la capacidad de flujo de descarga completa necesaria

Acumulación (ISO) = aumento de presión por encima de la presión de diseño máxima admisible del tanque o recipiente para evacuar la capacidad de descarga necesaria

Acumulación (EN) = presión diferencial entre la presión de tarado de la válvula y la presión en el tanque a la que se alcanza el rendimiento volumétrico necesario (no se usa en el presente catálogo).

Pérdida de presión = caída de presión en la válvula a un caudal volumétrico dado

Curva de pérdida de presión = diagrama de caudal volumétrico = representación de la pérdida de presión en mbar en función del caudal volumétrico en m^3/h

Contrapresión = presión en la salida de la válvula que actúa contra el flujo proveniente de la válvula y que debe tenerse en cuenta para el dimensionado.

No debe sobrepasarse la presión de diseño de un componente, tanque o recipiente. El caudal volumétrico máximo posible debe evacuarse de forma segura a través de la válvula, de modo que no se sobrepase la presión de diseño del componente. Deben tenerse en cuenta los márgenes de seguridad adecuados.

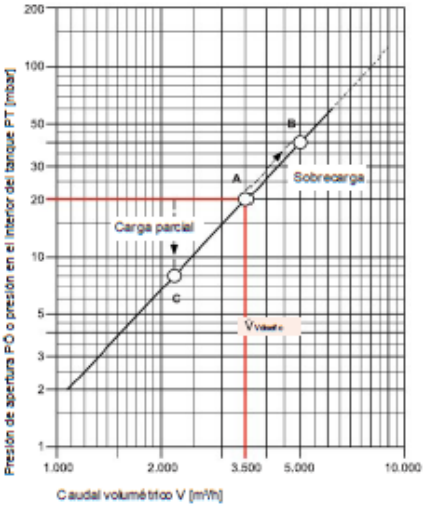


Figura 12: Puntos de diseño en el diagrama de capacidad de caudal de descarga

Ejemplo:
Presión de alivio de la válvula $P_ö$ = 20 mbar
Presión de tarado de la válvula = 18 mbar (20 mbar - 10%)

A Caudal volumétrico de diseño $\dot{V}$ = 3.500 m³/h
B Sobrecarga $\dot{V} > \dot{V}_{diseño}$
C Carga parcial $\dot{V} < \dot{V}_{diseño}$

Estado de trabajo de las válvulas de presión y vacío: La válvula estará dimensionada de un modo óptimo cuando el punto de funcionamiento se encuentre en la curva de rendimiento. Es decir, cuando con la válvula totalmente abierta se evacue el caudal volumétrico máximo calculado sin necesidad de seguir aumentando la presión (con la válvula totalmente abierta). (Intervalo de funcionamiento a plena carga A, figura 12).

Si al comenzar a abrirse la válvula el caudal volumétrico de diseño a evacuar no está disponible, la válvula no se abre por completo. El disco de válvula sólo se alza brevemente, evacua el volumen y vuelve a cerrarse en cuanto la presión cae por debajo de la presión de tarado. La presión de cierre depende del diseño del disco de válvula y de la geometría de la válvula. Existen intervalos de funcionamiento de carga parcial (punto de diseño C, figura 12) en los que no se alcanza la elevación total (sobredimensionamiento de la válvula) e intervalos de sobrecarga (punto de diseño B, figura 12) en los que después de la elevación total aún es necesario que siga aumentado la presión para evacuar el caudal volumétrico (infradimensionamiento de la válvula). En el intervalo de sobrecarga la válvula trabaja de forma estable, en el intervalo de carga parcial puede tender a «tambalearse» a causa de un funcionamiento inestable. Por ello es indispensable realizar un dimensionamiento correcto teniendo en cuenta los posibles estados de funcionamiento.

Selección

La selección de las válvulas tiene lugar según los criterios de selección mencionados anteriormente y depende del lugar de instalación y de la función prevista como válvula de presión, válvula de vacío o válvula combinada de presión y vacío.

Punto de instalación	Válvula final de línea				Válvula en línea		
Función	Válvula de presión	Válvula de vacío	Válvula de presión y vacío	Válvula de presión, pilotada	Válvula de presión, pilotada	Válvula de presión y vacío	Válvula reductora de presión para gas inerte
Ejemplo de aplicación	→ Tanque, pág. 27				→ Conducto colector de enfluentes gaseosos, pág. 27		
Producto	→ Cap. 5	→ Cap. 5	→ Cap. 5	→ Cap. 5	→ Cap. 6	→ Cap. 6	→ Cap. 6

PROTEGO® tiene el dispositivo correcto para cada aplicación concreta

Para la ventilación de tanques y recipientes
→ Válvula de presión y/o vacío PROTEGO® como dispositivo de final de línea (→ capítulo 5)

Para tanques en los que se almacenen productos críticos o en los que deba estar asegurada la protección anticongelante
→ Válvula de diafragma de presión y/o vacío PROTEGO® como dispositivo de final de línea (→ capítulo 5)

Como válvula de alivio o como dispositivo antirretorno
→ Válvula de presión y/o vacío PROTEGO® como dispositivo en línea (→ capítulo 6)

Fundamentos técnicos

Válvulas de presión y vacío con elementos apagallamas integrados

Desarrollo

Cuando se almacenan productos inflamables o cuando se procesan productos químicos que puedan formar mezclas explosivas, debe protegerse la abertura del tanque o del recipiente con apagallamas como medida adicional. La tarea que se planteó fue desarrollar un dispositivo que unificara en un mismo diseño las propiedades de un apagallamas y las de una válvula.

Las válvulas PROTEGO® con elementos apagallamas integrados ofrecen la especial ventaja de que el elemento apagallamas se encuentra en la parte exterior, lo que facilita el acceso a este y minimiza el ensuciamiento del mismo (figura 1 y figura 2).

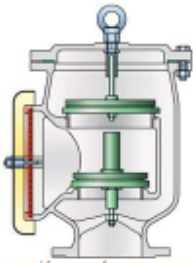


Figura 1: Válvula de presión y vacío con apagallamas a prueba de deflagraciones PROTEGO® VD/TS

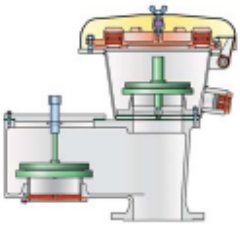


Figura 2 : Válvula de presión y vacío con apagallamas a prueba de deflagraciones y combustión prolongada PROTEGO® VD/SV-HR

Deben observarse cuidadosamente los estados de funcionamiento. Dependiendo de los posibles procesos de combustión, habrá que proteger contra deflagraciones atmosféricas y/o combustión corta y/o combustión prolongada.

Tecnología de válvulas

La tecnología y el modo de funcionamiento de las válvulas de presión/vacío con apagallamas son los mismos que para las válvulas sin elemento apagallamas. El elemento apagallamas situado en el lado de salida causa una contrapresión que no influye sobre el comportamiento de respuesta de la válvula, pero sí sobre la sobrepresión. Esto se tiene en cuenta en los diagramas de caudal volumétrico. Para una descripción detallada, véase la página 11 Tecnología de válvulas.

Válvulas de presión y vacío

Las válvulas de presión y vacío con apagallamas integrado tienen las mismas tareas y funciones que aquellas sin elemento apagallamas. Sirven para **mantener la presión** o para el **alivio de la presión** y la **respiración del tanque**. Para una descripción detallada, véase la página 13 Válvulas de presión y vacío.

Apagallamas

Las válvulas llevan, además, un **elemento apagallamas integrado**. Al dimensionar la válvula para obtener la protección contra la propagación de llamas necesaria, debe tenerse en cuenta el grupo de explosión al que pertenece el producto a proteger. La válvula debe haber sido probada y homologada para el grupo de explosión. La clasificación de los productos según los grupos de explosión IIA, IIB3 y IIC tiene lugar según el IEMS de las mezclas y del mismo modo la clasificación de las válvulas a prueba de propagación de llamas.

La **válvula de diafragma** PROTEGO® (figura 3) tiene una carga por líquido por encima del diafragma. La columna de líquido estática es una medida para la presión de tarado. El diafragma flexible cargado por el líquido se ajusta estrechamente al asiento de válvula metálico, con lo que se garantiza una estanqueidad extraordinaria. Si se sobrepasa la presión de tarado, el diafragma se levanta y libera la sección para el caudal volumétrico a evacuar. Estas válvulas se utilizan, debido al diafragma flexible, cuando las temperaturas son bajas por causas ambientales, y con diafragmas de etileno-propileno fluorado cuando el fluido sea viscoso-adhesivo y polimerizante.

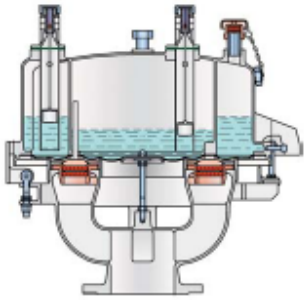


Figura 3: Válvula de diafragma con protección antideflagrante y contra combustión prolongada PROTEGO® UB/SF

La **válvula de diafragma** PROTEGO® (figura 3 y figura 3a) ofrece protección dinámica contra la propagación de llamas en combustión prolongada e incorpora un elemento apagallamas estático como protección contra deflagraciones atmosféricas.

Figura 3a: Prueba de resistencia a la combustión prolongada con la válvula de diafragma con protección dinámica contra la propagación de llamas PROTEGO® UB/SF

La **válvula de venteo de alta velocidad** (figura 4) ofrece la particularidad de proporcionar seguridad contra la propagación de llamas con descarga dinámica entre el cono de válvula y el asiento de válvula a partir de una presión de tarado de +60 mbar. La válvula de venteo de alta velocidad es segura frente a la combustión prolongada.

Figura 4: Válvula de descarga de alta velocidad segura contra combustión prolongada PROTEGO® DE/S con válvula de vacío antideflagrante PROTEGO® SVE-S conectada a ella

Las válvulas a prueba de propagación de llamas para la ventilación a la atmósfera son fundamentalmente válvulas de final de línea, a fin de que en el caso de una combustión breve o prolongada pueda liberarse al ambiente el calor generado. En caso contrario, el estancamiento térmico en el elemento apagallamas conduciría a un calentamiento inadmisible de los FLAMMENFILTER® (discos de filtro) y la consecuencia sería una transmisión de llama. Se utilizan sobre todo en tanques y recipientes en los que se almacenan o procesan líquidos inflamables y en orificios de descarga de presión de recipientes de procesamiento en los que no pueda descartarse la formación de mezclas explosivas.

Diseño y estados de trabajo de las válvulas

El diseño y los estados de trabajo de las válvulas de presión y vacío se describen en las páginas 14 y 15.

Selección

Dado que las válvulas PROTEGO® de presión y vacío con elemento apagallamas son fundamentalmente válvulas de final de línea, su selección se realiza según los criterios de selección mencionados anteriormente y su función prevista como válvula de presión, válvula de vacío o válvula combinada de presión y vacío.

Una vez establecido el grupo de explosión al que pertenecen los productos y el posible proceso de combustión, puede seleccionarse el dispositivo con respecto a la seguridad contra la propagación de llamas. Al seleccionar válvulas PROTEGO® con elemento apagallamas, debe establecerse si hay que garantizar protección contra la propagación de llamas por deflagraciones atmosféricas o combustión prolongada. Los apagallamas de combustión prolongada incluyen seguridad contra deflagraciones atmosféricas. Las válvulas de vacío con protección contra la propagación de llamas no son seguras contra combustión prolongada, pero lo son siempre contra deflagraciones.

Punto de instalación	**Válvula final de línea**				
Función	Válvula de presión con elemento apagallamas	Válvula de presión y vacío con elemento apagallamas	Válvula de vacío con elemento apagallamas	Válvula de diafragma de presión y vacío con apagallamas dinámico	Válvulas de venteo de alta velocidad
Ejemplo de aplicación	→ Tanque de almacenamiento, descarga de emergencia / alivio de emergencia, pág. 27			→ Tanque de almacenamiento, buque cisterna, pág. 30	
Producto	→ Cap. 7	→ Cap. 7	→ Cap. 7	→ Cap. 7	→ Cap. 7

PROTEGO® tiene el dispositivo correcto para cada aplicación concreta

Para la ventilación a prueba de propagación de llamas de tanques y recipientes
→ Válvula de presión y/o vacío PROTEGO®

Para la ventilación a prueba de congelación de tanques y recipientes
→ Válvula de diafragma de presión y/o vacío PROTEGO®

Para la ventilación a prueba de propagación de llamas de buques cisterna
→ Válvula de descarga de alta velocidad PROTEGO®

4.3.1- Conceptos fundamentales para el dimensionado e instalación de las válvulas de presión y vacío en buques tanque.

4.3.1.1- Principios básicos.

Los tanques y recipientes situados a la intemperie están sujetos a las influencias meteorológicas, como calentamiento y enfriamiento (el tanque debe poder respirar).

Estas influencias deben ser consideradas adicionalmente a los caudales volumétricos a alimentar o evacuar, como capacidades de las bombas, alimentación de gas inerte, etc.

En el punto 4.4 se establece el “Cálculo de la capacidad de ventilación de tanques para el dimensionamiento de válvulas de presión vacío.”

La presión de alivio de la válvula no puede ser superior a la presión de diseño del tanque.

Bajo condiciones de funcionamiento normales debe ser imposible bloquear el sistema de ventilación del tanque. Este debe estar dimensionado de tal modo que no se sobrepase la presión de diseño del tanque para la presión y el vacío interiores bajo ninguna circunstancia.

La válvula de presión vacío prevista para la descarga y aspiración debe evacuar los caudales volumétricos máximos que se produzcan a causa de la capacidad de la bomba y de los efectos térmicos o de otro tipo. Frecuentemente a esta válvula se la denomina también válvula de respiración.

4.3.1.2- Lugar de instalación.

En tanques, recipientes o conductos de descarga se utilizan en general válvulas de final de línea.

Su gran ventaja reside en la simplicidad de su diseño y en la robustez de su construcción, lo que hace que las válvulas trabajen sin apenas averías.

Las válvulas final de línea deben asegurarse en este caso con un elemento apagallamas contra deflagraciones atmosféricas.

4.3.1.3- Dimensionado de las válvulas.

Para dimensionar las válvulas de presión vacío, se necesitan los caudales volumétricos máximos posibles, las presiones máximas admisibles y las características de funcionamiento. (parámetros de proceso).

No debe sobrepasarse la presión de diseño de un componente, tanque o recipiente.

El caudal volumétrico máximo posible debe evacuarse de forma segura a través de la válvula, de modo que no se sobrepase la presión de diseño del componente. Deben tenerse en cuenta los márgenes de seguridad adecuados.

Ejemplo para el dimensionado de la válvula partiendo de su curva de rendimiento:

La válvula estará dimensionada de un modo óptimo cuando el punto de funcionamiento se encuentre en la curva de rendimiento. Es decir, cuando con la válvula totalmente abierta se evacue el caudal volumétrico calculado sin necesidad de seguir aumentando la presión.

Condiciones del ejemplo:

- Presión de alivio de la válvula = 20 mbar
- Presión de tarado de la válvula = 18 mbar (20-10%)
- “A” Caudal volumétrico de diseño = 3.500 m^3/h
- “B” Sobrecarga. $V>V_{diseño}$
- “C” Carga parcial $V< V_{diseño}$

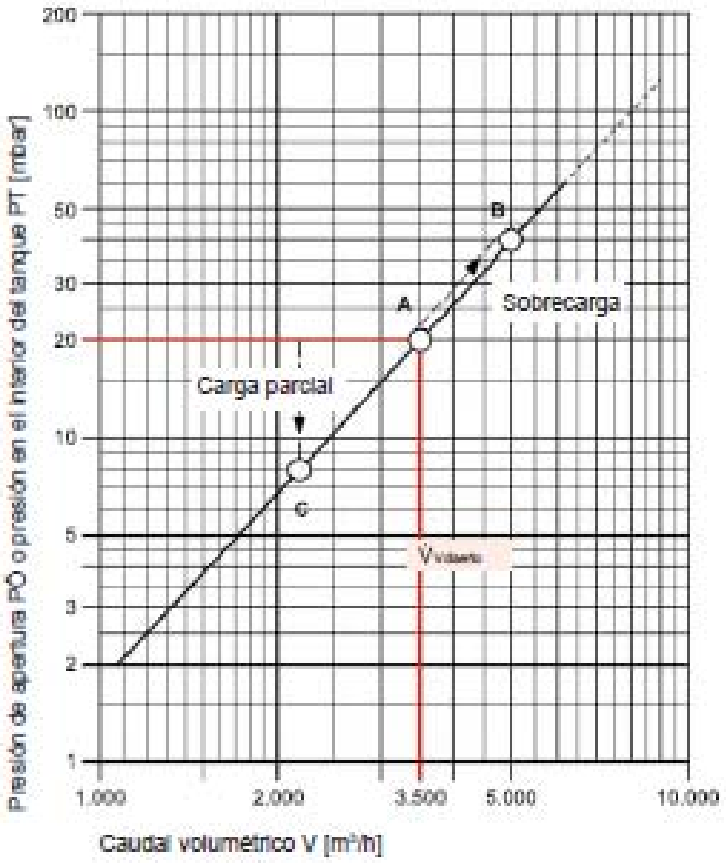


Figura 12: Puntos de diseño en el diagrama de capacidad de caudal de descarga

Si al comenzar a abrirse la válvula el caudal volumétrico de diseño a evacuar no está disponible, la válvula no se abre por completo. El disco de la válvula sólo se alza brevemente, evacua el volumen y vuelve a cerrarse en cuanto la presión cae por debajo de la presión de tarado. La presión de cierre depende del diseño del disco de la válvula y de la geometría de la válvula.

Existen intervalos de funcionamiento de carga parcial (punto de diseño C) en los que no se alcanza la elevación total (sobredimensionamiento de la válvula) e intervalos de sobrecarga (punto de diseño B) en los que después de la elevación total aún es necesario que siga aumentando la presión para evacuar el caudal volumétrico (infra dimensionamiento de la válvula).
En el intervalo de sobrecarga la válvula trabaja de forma estable, en el intervalo de carga parcial puede tender a tambalearse (oscilaciones) a causa de un funcionamiento inestable.

4.3.1.4- Selección.

En el caso de un tanque de carga del buque seleccionaremos una “válvula de presión/vacío como dispositivo de final de línea”

Cuando se almacenan productos inflamables o productos químicos que puedan formar mezclas explosivas, debe protegerse la abertura del tanque con apagallamas como medida adicional.

Para ello se desarrolló un dispositivo que unificara en un mismo diseño las propiedades de un apagallamas y las de una válvula.

Dependiendo de los posibles procesos de combustión, habrá que proteger contra deflagraciones atmosféricas y/o combustión corta y/o combustión prolongada.

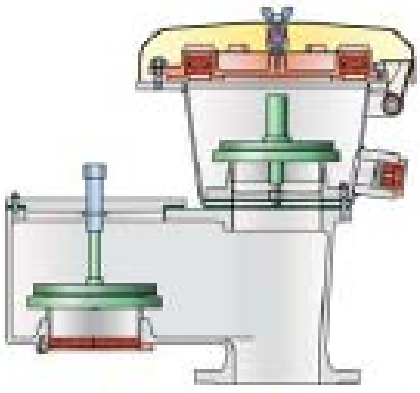


Figura 2 : Válvula de presión y vacío con apagallamas a prueba de deflagraciones y combustión prolongada PROTEGO® VD/SV-HR

El elemento apagallamas situado en el lado de salida causa una contrapresión que no influye sobre el comportamiento de respuesta de la válvula, pero si sobre la sobrepresión. Esta se tiene en cuenta en los diagramas de caudal volumétrico.

Al dimensionar la válvula para obtener la protección contra la propagación de llamas necesaria, debe tenerse en cuenta el grupo de explosión al que pertenece el producto a proteger. La válvula debe haber sido probada y homologada para el grupo de explosión.
La clasificación de los productos según los grupos de explosión IIA, IIB, y IIC tiene lugar según el IEMS de las mezclas y del mismo modo la clasificación de las válvulas a prueba de propagación de llamas.

4.4- Principios de diseño y cálculo de las capacidades de ventilación de tanques de almacenamiento.

Fundamentos técnicos

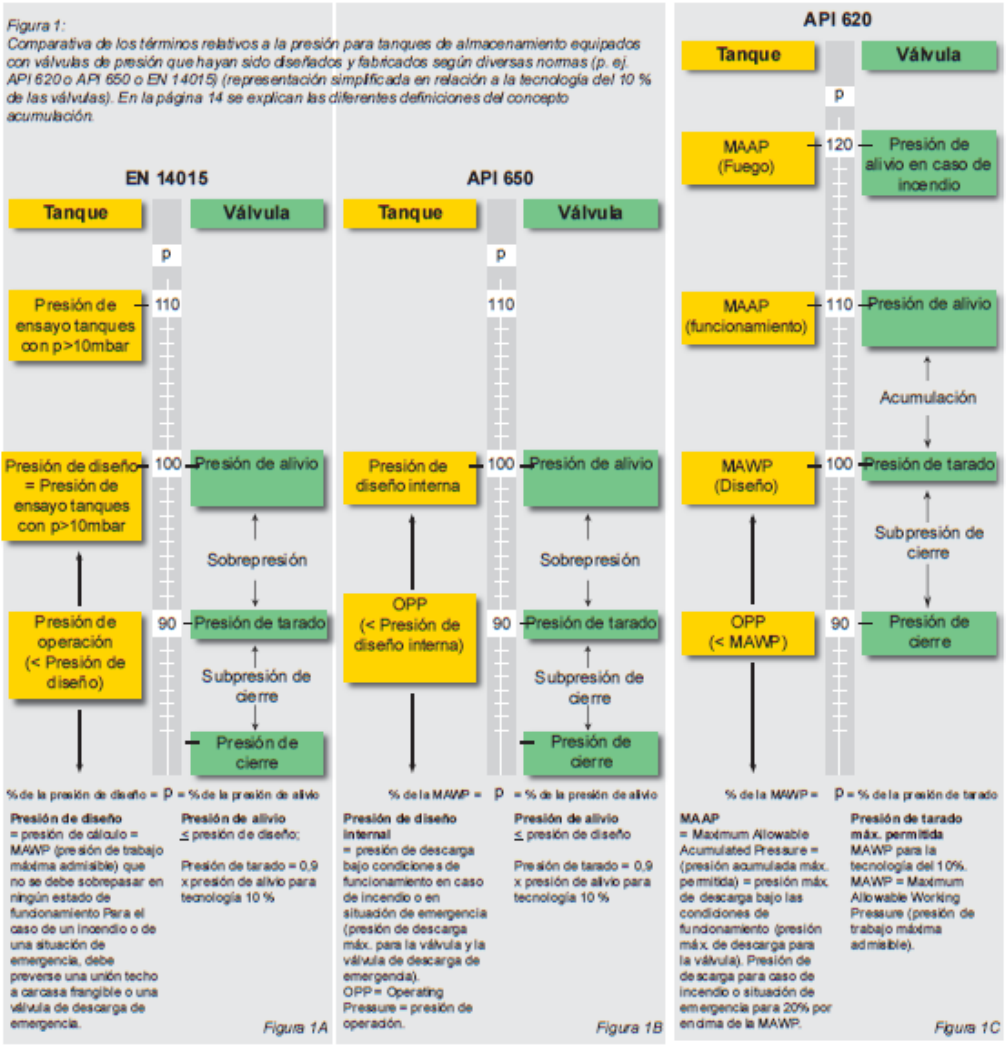
Cálculo de las capacidades de ventilación de tanques de almacenamiento de superficie: principios de diseño y de cálculo

El diseño y la fabricación de tanques para el almacenamiento de líquidos inflamables y no inflamables se rige por normas distintas: Las normas EN 14015, API 620 o API 650 son las más comunes. Dependiendo de la norma, se admiten distintas presiones máximas en el tanque a las que debe alcanzarse el flujo de masas a evacuar.

La **figura 1** muestra una comparación de los términos más usuales para tanques y válvulas según las normas EN 14015, API 620 y API 650. Sirve para ilustrar de forma ejemplar el diseño de válvulas final de línea que necesitan una sobrepresión de únicamente el 10 % hasta la presión de tarado.

Según **EN 14015** y **API 650** (fig. 1a y 1b), no debe sobrepasarse la presión de diseño del tanque o presión de cálculo del tanque MAWP (= presión de trabajo máxima admisible), ni siquiera en caso de incendio o de funcionamientos anómalos. Según **API 620** (fig. 1c), la válvula debe evacuar como muy tarde cuando la presión sea un 10 % superior a la presión de diseño del tanque (por regla general MAWP) el caudal volumétrico exigido por la respiración

Figura 1:
Comparativa de los términos relativos a la presión para tanques de almacenamiento equipados con válvulas de presión que hayan sido diseñados y fabricados según diversas normas (p. ej. API 620 o API 650 o EN 14015) (representación simplificada en relación a la tecnología del 10 % de las válvulas). En la página 14 se explican las diferentes definiciones del concepto acumulación.


EN 14015
Tanque
Válvula
p
Presión de ensayo tanques con p>10mbar
110
Presión de diseño = Presión de ensayo tanques con p>10mbar
100
Presión de alivio
Sobrepresión
Presión de operación (< Presión de diseño)
90
Presión de tarado
Subpresión de cierre
Presión de cierre
% de la presión de diseño = p = % de la presión de alivio
Presión de diseño = presión de cálculo = MAWP (presión de trabajo máxima admisible) que no se debe sobrepasar en ningún estado de funcionamiento Para el caso de un incendio o de una situación de emergencia, debe preverse una unión techo a carcasa frangible o una válvula de descarga de emergencia.
Presión de alivio ≤ presión de diseño;
Presión de tarado = 0,9 x presión de alivio para tecnología 10 %
Figura 1A
API 650
Tanque
Válvula
p
110
Presión de diseño interna
100
Presión de alivio
Sobrepresión
OPP (< Presión de diseño interna)
90
Presión de tarado
Subpresión de cierre
Presión de cierre
% de la MAWP = p = % de la presión de alivio
Presión de diseño interna = presión de descarga bajo condiciones de funcionamiento en caso de incendio o en situación de emergencia (presión de descarga máx. para la válvula y la válvula de descarga de emergencia).
OPP = Operating Pressure = presión de operación.
Presión de alivio ≤ presión de diseño
Presión de tarado = 0,9 x presión de alivio para tecnología 10 %
Figura 1B
API 620
Tanque
Válvula
p
MAAP (Fuego)
120
Presión de alivio en caso de incendio
MAAP (funcionamiento)
110
Presión de alivio
Acumulación
MAWP (Diseño)
100
Presión de tarado
Subpresión de cierre
OPP (< MAWP)
90
Presión de cierre
% de la MAWP = p = % de la presión de tarado
MAAP = Maximum Allowable Acumulated Pressure = (presión acumulada máx. permitida) = presión máx. de descarga bajo las condiciones de funcionamiento (presión máx. de descarga para la válvula). Presión de descarga para caso de incendio o situación de emergencia para 20% por encima de la MAWP.
Presión de tarado máx. permitida MAWP para la tecnología del 10%. MAWP = Maximum Allowable Working Pressure (presión de trabajo máxima admisible).
Figura 1C

normal resultante de la capacidad de la bomba y del efecto térmico. En caso de incendio y de otros casos de emergencia, esta norma admite una sobrepresión de apertura del 20 %; es decir, debe poderse evacuar el caudal volumétrico necesario después de un aumento máx. de la presión del 20 % por encima de la MAWP.

En la **figura 2** se representa a modo de ejemplo el procedimiento para determinar la presión de tarado teniendo en cuenta la presión de diseño del tanque para válvulas con sobrepresiones distintas. Estos ejemplos son válidos para válvula de final de línea en las que no se han tenido en cuenta otras pérdidas de presión; por ejemplo, tuberías conectadas a continuación. Si los tanques han sido diseñados según EN 14015 y API 650, la presión de alivio de la válvula no debe sobrepasar la presión de diseño del tanque (= MAWP). La presión de tarado se obtiene de la presión de ali-

Figura 2:
Selección de la presión de tarado para la válvula de presión o la válvula de vacío teniendo en cuenta la presión de diseño del tanque y la sobrepresión de la válvula (p. ej., 10 %, 40 % o 100 %). API 620 aprovecha la sobrepresión admisible del 20 % en caso de incendio

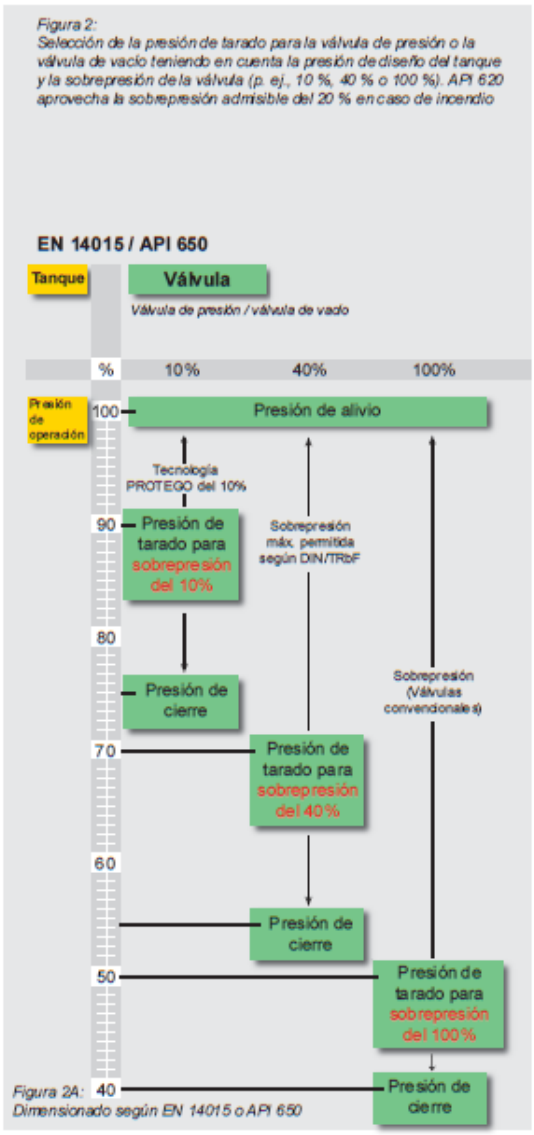


Figura 2A: Dimensionado según EN 14015 o API 650

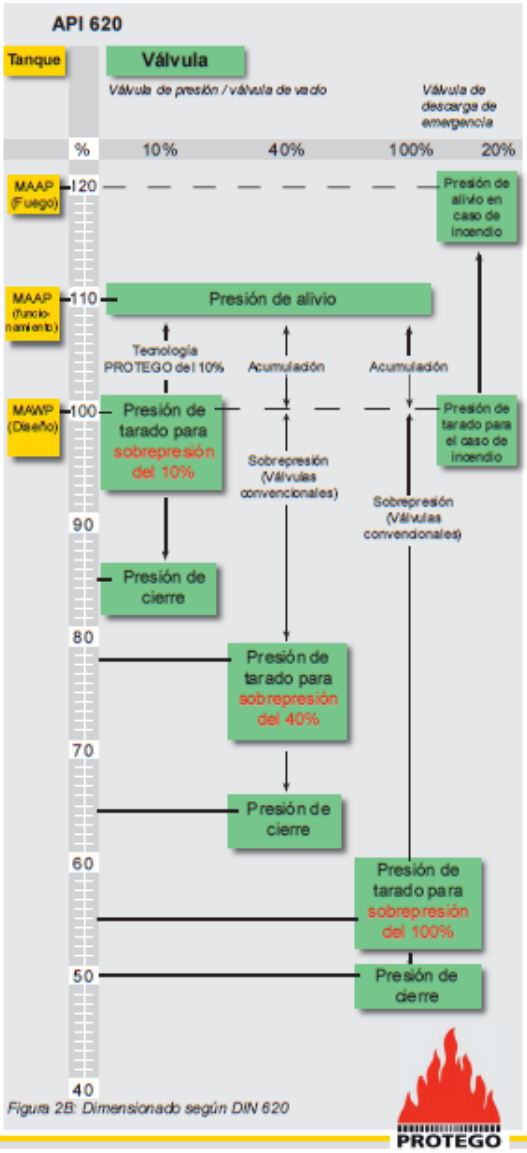


Figura 2B: Dimensionado según DIN 620

Fundamentos técnicos

Cálculo de las capacidades de ventilación de tanques de almacenamiento de superficie: principios de diseño y de cálculo

vio menos la sobrepresión de la válvula y es así una magnitud característica de la válvula. Si el tanque está construido según API 620, la presión de alivio puede sobrepasar la presión de diseño del tanque en un 10 % para la respiración normal y en un 20 % para la respiración en caso de incendio. La presión de tarado resulta también en este caso de la presión de alivio menos la sobrepresión.
Para determinar el flujo de masas a suministrar o evacuar, deben aplicarse los métodos de cálculo prescritos en las normas correspondientes: EN 14015 (anexo L), TRbF 20 o API 2000.

Cálculo de la capacidad de ventilación según ISO 28300

El caudal volumétrico máximo posible es la suma de la capacidad de bombeo y de la capacidad por efecto térmico debida a influencias meteorológicas.

$$\dot{V}_{descarga} = \dot{V}_{calentamiento} + \dot{V}_{llenado\ bomba}$$

$$\dot{V}_{aspiración} = \dot{V}_{enfriamiento} + \dot{V}_{vaciado\ bomba}$$

El cálculo de los caudales volumétricos máximos posibles por condiciones atmosféricas se hace para tanques de superficie de fondo plano, con o sin aislamiento.

Caudal de descarga térmica causado por calentamiento $\dot{V}_{calentamiento}$ en m³/h

$$\dot{V}_{calentamiento} = 0.25 \cdot V_{tanque}^{0.9} \cdot R_i$$

Caudal de aspiración térmica causado por enfriamiento $\dot{V}_{enfriamiento}$ en m³/h

$$\dot{V}_{enfriamiento} = C \cdot V_{tanque}^{0.7} \cdot R_i$$

- V = Volumen del tanque en m³

  $V_{tanque} = 0{,}7854 * D^2 * H$

- R_i es un factor de reducción para el aislamiento (véase la ISO 28300)
- $\dot{V}_{llenado}$ es la capacidad de llenado para el cálculo de la ventilación de descarga a causa de la capacidad máxima de la bomba en m³/h para productos con una temperatura inferior a 40°C y una presión de vapor Pvp < 50 mbar. Para productos almacenados a una temperatura por encima de 40°C o con una presión de vapor P_{vp} mayor de 50 mbar, la descarga debe aumentarse en la velocidad de evaporación.
- $\dot{V}_{vaciado\ bomba}$ es la capacidad de vaciado de la bomba para el cálculo de la ventilación de aspiración en m³/h.
- C = 3 para productos con la misma presión de vapor que el hexano y almacenados a temperaturas por debajo de 25° C.
- C = 5 para productos con una presión de vapor más alta que la del hexano y/o almacenados a temperaturas de 25 °C o por encima (cuando la presión de vapor sea desconocida, entonces C = 5).

Las fórmulas de cálculo indicadas son válidas para los grados de latitud 58° a 42°. Para otras latitudes, véase la norma ISO 28300.
A modo de ejemplo se enumerarán aquí otras influencias adicionales que hay que tener en cuenta.

- Fallo de válvulas reguladoras de nitrógeno (pérdida de control de la válvula): prever una válvula de descarga de emergencia a través de la cual se pueda evacuar el caudal volumétrico adicional no previsto en el funcionamiento normal.
- Llenado del tanque vacío y caliente con un producto frío: tener en cuenta el caudal volumétrico adicional a causa del enfriamiento repentino al calcular la capacidad de vacío.
- Excesiva extracción de líquido del tanque: tener en cuenta un factor de seguridad en la capacidad de flujo de vacío.

Para calcular las capacidades de ventilación de tanques que no hayan sido construidos según EN 14015, se usan las fórmulas de cálculo según TRbF 20. (P. ej., tanques según DIN 4119 (tanques de superficie de fondo plano) o DIN 6608 para tanques enterrados o cubiertos de tierra).
Cálculo de las capacidades de flujo térmico

Calentamiento	$\dot{V}_E = 0{,}17 \times \left(\frac{H}{D}\right)^{0.52} \times V_{tanque}^{0.89}$
Enfriamiento	$\dot{V}_A = 4{,}8 \times V_{tanque}^{0.71}$

H = altura del tanque en m; D = diámetro en m;
V = volumen del tanque en m³

Cálculo de la capacidad de ventilación según la API 2000 5ª Edición/ISO 2830 Anexo A

La capacidad de ventilación de los tanques de crudo se puede calcular según la norma ISO 28300, Anexo A (en su día la API 2000, 5ª Edición), cuando se cumplan las condiciones determinadas (véase la ISO 28300, Anexo A).

Cuando así se haya especificado y los tanques hayan sido diseñados y construidos según API 650, habrá que determinar según API 2000 la capacidad de ventilación para el modo de funcionamiento normal y la descarga de emergencia para el caso de incendio.

En los cálculos hechos según API 2000 hay que diferenciar los productos de almacenamiento según su punto de inflamación. Deben usarse fórmulas de cálculo distintas para productos con un punto de inflamación menor de 100 °F (< 37,8 °C) y para productos con un punto de inflamación mayor de 100 °C (> 37,8 °C).

El caudal volumétrico máximo posible para el funcionamiento normal es la suma de la capacidad de la bomba y de la capacidad de flujo por efecto térmico debida a influencias meteorológicas. A diferencia de cuando el cálculo se efectúa según EN 14015 o TRbF 20, al calcular la capacidad de aspiración según API, hay que considerar un factor para la capacidad de la bomba; y al calcular la capacidad de descarga, hay que tener en cuenta el punto de inflamación.

Cálculo de la capacidad de ventilación por vacío

$$\dot{V}_{aspiración} = \dot{V}_{vaciado\ bomba} \times 0{,}94 + \dot{V}_{Thermal\ in}$$

La capacidad de aspiración térmica $\dot{V}_{Thermal\ in}$ se toma de la tabla 2B de la norma API 2000 5ª Edición en función del volumen del tanque.

La capacidad de bombeo máxima $\dot{V}_{vaciado}$ bomba es igual a la capacidad de vaciado exigida en el funcionamiento.

Cálculo de la capacidad de ventilación por presión

Para productos de almacenamiento con un punto de inflamación menor de 100 °F (< 37,8 °C)

$$\dot{V}_{descarga} = \dot{V}_{llenado\ bomba} \times 2{,}02 + \dot{V}_{Thermal\ out}$$

Para productos de almacenamiento con un punto de inflamación ≥100°F (≥37,8°C)

$$\dot{V}_{descarga} = \dot{V}_{llenado\ bomba} \times 1{,}01 + \dot{V}_{Thermal\ out}$$

La capacidad de descarga térmica $Thermal_{out}$ se toma de la tabla 2B de la norma API 2000 5ª Edición en función del volumen del tanque y del punto de inflamación. La capacidad máxima de la bomba $\dot{V}_{llenado\ bomba}$ es igual a la capacidad de llenado exigida en el funcionamiento.

Si no se ha previsto una unión techo a carcasa frangible, el dimensionamiento de la descarga de emergencia para el caso de incendio $\dot{V}_{fuego}$ se efectúa según la tabla 3B de la norma API 2000 en función de la superficie húmeda del tanque.

Fórmula simplificada para el cálculo aproximado:

$$\dot{V}_{fuego} = 208{,}2 \times F \times A^{0{,}82} \text{ para unidades en Nm}^3\text{/h}$$

$$\dot{V}_{fuego} = 1107 \times F \times A^{0{,}82} \text{ para unidades en SCFH}$$

Los espesores del aislamiento se tienen en cuenta con un factor F según la **tabla 4B**.

Capacidad de descarga y aspiración térmicas (unidades inglesas)

Volumen del tanque	Volumen del tanque	Aspiración térmica *Thermal in*	Descarga térmica *Thermal out* Punto de inflamación	
			≥ 100°F	< 100°F
Barriles	Galones	SCFH Aire	SCFH Aire	SCFH Aire
100	4.200	100	60	100
500	21.000	500	300	500
1.000	42.000	1.000	600	1.000
2.000	84.000	2.000	1.200	2.000
4.000	168.000	4.000	2.400	4.000
5.000	210.000	5.000	3.000	5.000
10.000	420.000	10.000	6.000	10.000
20.000	840.000	20.000	12.000	20.000
30.000	1.260.000	28.000	17.000	28.000
40.000	1.680.000	34.000	21.000	34.000
50.000	2.100.000	40.000	24.000	40.000
100.000	4.200.000	60.000	36.000	60.000
140.000	5.880.000	75.000	45.000	75.000
160.000	6.720.000	82.000	50.000	82.000
180.000	7.560.000	90.000	54.000	90.000

Extracto de API 2000 5.ª edición
Tabla 2A

Capacidad de descarga y aspiración térmicas (unidades métricas)

Volumen del tanque V	Aspiración térmica *Thermal in*	Descarga térmica *Thermal out* Punto de inflamación	
		≥ 37,8°C	< 37,8°C
m³	Nm³/h	Nm³/h	Nm³/h
10	1,69	1,01	1,69
20	3,37	2,02	3,37
100	16,90	10,10	16,90
200	33,70	20,20	33,70
300	50,60	30,30	50,60
500	84,30	50,60	84,30
1.000	169,00	101,00	169,00
2.000	337,00	202,00	337,00
3.000	506,00	303,00	506,00
4.000	647,00	388,00	647,00
5.000	787,00	472,00	787,00
10.000	1.210,00	726,00	1.210,00
20.000	1.877,00	1.126,00	1.877,00
25.000	2.179,00	1.307,00	2.179,00
30.000	2.495,00	1.497,00	2.495,00

Extracto de 2B API 2000 5.ª edición
Tabla 2B

Fundamentos técnicos

Cálculo de las capacidades de ventilación de tanques de almacenamiento de superficie: principios de diseño y de cálculo

Descarga de emergencia en caso de incendio (unidades inglesas)

Superficie húmeda A m^2	Capacida de descarga $\dot{V}$ SCFH Aire
20	21.100
40	42.100
60	63.200
80	84.200
100	105.000
140	147.000
180	190.000
250	239.000
350	288.000
500	354.000
700	428.000
1400	587.000
2800	742.000

Extracto de 2000 5.ª edición

Tabla 3A

Descarga de emergencia en caso de incendio (unidades métricas)

Superficie húmeda A m^2	Capacida de descarga $\dot{V}$ Nm^3/h
2	608
4	1.217
6	1.825
8	2.434
15	4.563
25	6.684
30	7.411
35	8.086
45	9.322
60	10.971
80	12.911
150	16.532
260	19.910

Extracto de 2000 5.ª edición

Tabla 3B

Consideración de los espesores de aislamiento (unidades inglesas)

Configuración del tanque	Espesor del aislamiento pulgadas inch	Factor F
Tanque sin aislamiento	0	1.0
Tanque termoaislado	1	0.3
Tanque termoaislado	2	0.15
Tanque termoaislado	4	0.075
Tanque termoaislado	6	0.05
Tanque bajo tierra		0
Tanque cubierto de tierra		0.03
Tanque en cubeto de retención		0.5

Extracto de 2000 5.ª edición

Tabla 4A

Consideración de los espesores de aislamiento (unidades métricas)

Configuración del tanque	Espesor del aislamiento pulgadas cm	Factor F
Tanque sin aislamiento	0	1,0
Tanque termoaislado	2,5	0,3
Tanque termoaislado	5	0,15
Tanque termoaislado	10	0,075
Tanque termoaislado	15	0,05
Tanque bajo tierra		0
Tanque cubierto de tierra		0,03
Tanque en cubeto de retención		0,5

Extracto de 2000 5.ª edición

Tabla 4B

Conversión de los caudales volumétricos en caudales volumétricos de diagrama equivalentes

Para aprovechar los diagramas de caudales volumétricos (curvas de pérdida de presión), es necesario convertir el caudal volumétrico de funcionamiento $\dot{V}_{F,\,gas}$ existente, teniendo en cuenta los datos de la sustancia y los parámetros de funcionamiento (presión y temperatura), en un caudal volumétrico de diagrama equivalente $\dot{V}_{dia}$ que produzca la misma pérdida de presión que el caudal volumétrico de funcionamiento existente.

1) Conversión del caudal volumétrico de funcionamiento $\dot{V}_{F,\,gas}$ en caudal volumétrico normal $\dot{V}_{N,\,gas}$:

$$\dot{V}_{N,\,Gas} = \dot{V}_{F,\,Gas} * \frac{T_N * p_B}{T_B * p_N} = \dot{V}_{F,\,Gas} * \frac{p_B * 273{,}15\,K}{T_B * 1{,}013\,bar_{abs}}$$

2) Conversión del caudal volumétrico normal $\dot{V}_{N,\,gas}$ en caudal volumétrico de diagrama $\dot{V}_{dia}$:

$$\dot{V}_{Dia} = \dot{V}_{N,\,Gas} * \sqrt{\frac{\rho_{N,\,Gas} * p_N * T_B}{\rho_{Dia} * p_G * T_N}} = \dot{V}_{N,\,Gas} * \sqrt{\frac{\rho_{N,\,Gas} * T_B * 1{,}013\,bar_{abs}}{p_G * 1{,}2\,\frac{kg}{m^3} * 273{,}15\,K}}$$

Cálculo de la densidad normal media $\rho_{N,\,Gas}$ de una mezcla de gases:

$$\rho_{N,\,Gas} = (\nu_1 * \rho_{N,\,Gas\,1} + \nu_2 * \rho_{N,\,Gas\,2} + \ldots + \nu_x * \rho_{N,\,Gas\,x})$$

Nota:
El H2 debe observarse con especial atención.

Símbolos en las fórmulas

$\dot{V}$	Caudal volumétrico [m³/h]
p	Presión [bar abs.]
T	Temperatura [K]
ρ	Densidad [kg/m³]
ν	Fracción volumétrica [-]

Índices

N	Condiciones normales (a 1,013 bar abs. y 273,15 K)
F	Estado de funcionamiento (presión y temperatura según el estado de funcionamiento)
Gas	Sustancia presente
Dia	Referido al diagrama, valor para el aprovechamiento de los diagramas de caudal volumétrico (ρ_{Dia} densidad de referencia de los diagramas de caudal volumétrico = 1,2 kg/m³ para aire, 20 °C, 1,013 bar abs.)
G	Referido al lado de salida del dispositivo (p_c contrapresión) en estado de funcionamiento

Fundamentos técnicos

Cálculo de las capacidades de ventilación de tanques de almacenamiento de superficie: principios de diseño y de cálculo

Procedimiento en razón de la seguridad para el aseguramiento de atmósferas potencialmente explosivas en instalaciones que requieran vigilancia; p. ej., de acuerdo al reglamento alemán sobre seguridad y salud en el trabajo (BetrSichV)

Paso 1

Estimación del posible proceso de combustión tomando como base las normas europeas EN 1127-1 para la protección general contra explosiones, EN 12874 para los apagallamas y las reglas técnicas alemanas TRBS 2152.

- Deflagración en la atmósfera, en volumen cerrado o en la tubería
- Detonación en la tubería, estable o inestable
- Combustión prolongada en caso de flujo continuado de la mezcla en la tubería o en la abertura del tanque

Paso 2

Clasificación de la sustancia sobre la base de indicaciones en la literatura con normas nacionales o internacionales, como EN 12874, TRbF 20, BetrSichV, NFPA, British Standard para líquidos, gases, vapores y mezclas de varios componentes con aire o gases inertes.

- Líquidos: Subdivisión en inflamables, fácilmente inflamables y extremadamente inflamables según el punto de inflamación (PI) de las mezclas, determinación de la temperatura de ignición.

La clasificación de la clase de peligro tiene lugar según el reglamento alemán sobre líquidos inflamables VbF (antiguo) y el reglamento alemán sobre sustancias peligrosas GefStoffV / reglamento alemán sobre seguridad y salud en el trabajo BtrSichV (nuevo):

No soluble en agua

(A I FP< 21 °C)	nuevo	FP < 0 °C	extremadamente inflamable
		FP < 21 °C	fácilmente inflamable
(A II FP 21 – 55 °C)		FP 21 - 55°C	inflamable
(A III FP 55 – 100 °C)			-

Soluble en agua

(B < FP 21 °C)	nuevo	FP < 0 °C	extremadamente inflamable
		FP < 21 °C	fácilmente inflamable
		FP 21 – 55 °C	inflamable

Los productos con un PI > 55 °C se vuelven inflamables cuando se calientan a una temperatura cercana al punto de inflamación (como regla general se exigen T = 5 °C de distancia de seguridad).

La clasificación de las mezclas de gas o vapor de producto y aire en el correspondiente grupo de explosión IIA, IIB1-IIB3, IIB o IIC se efectúa según el IEMS (Intersticio Experimental Máximo de Seguridad). Véase la página 9.

Paso 3

Consideración de los parámetros de funcionamiento de las mezclas sin quemar en el proceso y su influencia sobre las sustancias en el proceso de combustión:

- Consideración de la temperatura de servicio:
  ≤ 60°C estándar – no deben exigirse requisitos especiales adicionales
  > 60°C – son necesarios exámenes especiales
- Consideración de la presión de servicio:
  ≤ 1,1 bar abs estándar – no deben exigirse requisitos especiales adicionales
  > 1,1 bar abs – son necesarios exámenes especiales

Paso 4

Evaluación de la instalación y división en zonas de acuerdo con la frecuencia y la duración de la atmósfera explosiva según reglas nacionales o internacionales; p. ej., NTP. ITC, BetrSichV, TRBS, IEC o NFPA/NEC.

- Zona 0
  Atmósfera explosiva presente de forma continua o frecuente
- Zona 1
  Atmósfera explosiva presente de forma periódica u ocasional
- Zona 2
  Atmósfera explosiva no previsiblemente presente o muy rara vez presente

Para evaluar el peligro, deben clasificarse las posibles fuentes de ignición bajo condiciones normales de operación y también las fuentes de ignición que puedan introducirse adicionalmente, por ejemplo, al realizar operaciones de limpieza y mantenimiento (EN 1127-1):

Fuentes de ignición efectivas

- constantes y prolongadas bajo condiciones normales de operación
- raramente posibles dependiendo de las condiciones de operación
- de aparición en circunstancias raras, solamente como consecuencia de un disfuncionamiento

Son fuentes de ignición efectiva: reacciones químicas, llamas y gases calientes, superficies calientes, rayos, chispas de origen mecánico, corriente de gas, compresión adiabática, ondas de choque, electricidad estática, ondas electromagnéticas de alta frecuencia, radiación ionizante, chispas inducidas por ultrasonidos.

Debe compararse la efectividad de la fuente de ignición con la inflamabilidad de la sustancia inflamable explosiva.

Paso 5

Debe establecerse la selección, el número y la ubicación de los aparatos, sistemas de protección y componentes adecuados (correctos) de acuerdo con los reglamentos y normas nacionales e internacionales (directivas 99/92/CE y 94/9/CE).

Aparatos, p. ej. ventiladores, bombas de vacío, mezcladores-agitadores

para Zona 0	Grupo de aparatos II, categoría 1
para Zona 1	Grupo de aparatos II, categoría 2
para Zona 2	Grupo de aparatos II, categoría 3

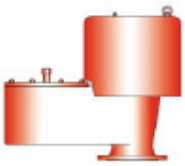
Los apagallamas son sistemas de protección y no se categorizan. Pueden instalarse como sistemas de protección en todas las zonas (zonas 0, 1, 2) y deben ser provistos del marcaje CE a fin de documentar la conformidad con todas las exigencias aplicables.

La documentación del procedimiento y de los resultados se efectúa en un «Documento sobre protección contra explosiones». El usuario debe confirmar en el mismo que el equipamiento de la instalación es conforme al estado actual de la tecnología (aparatos, sistemas de protección, componentes para el funcionamiento conforme al uso previsto en atmósferas explosivas según la directiva ATEX 94/9/CE u otras normativas internacionales) En él también se establecen la ingeniería de procesos, el plano de disposición de la instalación, los datos sobre las sustancias utilizadas, la división en zonas Ex, el análisis de peligros y el concepto de protección, así como las medidas organizativas y las competencias y responsabilidades.

Resumen de productos y prestaciones

Válvulas

Válvulas de presión y vacío, dispositivos de final de línea.....Capítulo 5



Válvulas de presión, válvulas de vacío, válvulas combinadas de presión y vacío, válvulas de diafragma
válvulas pilotadas

Intervalos de presión: de 2 mbar a 200 mbar

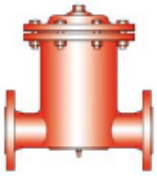
Diámetros nominales: de 50 (2") a 700 (28")

Materiales: Acero, acero inoxidable, Hastelloy®, con revestimiento de PP, PE, PVDF, PTFE, ECTFE

Ejecuciones especiales según especificaciones del cliente

Servicio técnico y repuestos

Válvulas de presión y vacío, dispositivos en línea.....Capítulo 6



Válvulas de presión, válvulas de vacío, válvulas combinadas de presión y vacío

Intervalos de presión: de 2 mbar a 500 mbar

Diámetros nominales: de 25 (1") a 300 (12")

Materiales: Acero, acero inoxidable, Hastelloy®, con revestimiento de PP, PE, PVDF, PFA, ECTFE

Ejecuciones especiales según especificaciones del cliente

Servicio técnico y repuestos

Válvulas de presión y vacío con elemento apagallamas, dispositivos de final de línea.....Capítulo 7

Válvulas de presión, válvulas de vacío, válvulas combinadas de presión y vacío,
válvulas de diafragma, válvula de descarga de alta velocidad

Antideflagrantes y a prueba de combustión prolongada o solamente antideflagrantes

Grupos de explosión: IIA, IIB1-IIB3, IIC

Intervalos de presión: de 2 mbar a 200 mbar

Diámetros nominales: de 50 (2") a 300 (12")

Materiales: Acero, acero inoxidable, Hastelloy®, con revestimiento de ECTFE

Ejecuciones especiales según especificaciones del cliente

Servicio técnico y repuestos

Accesorios para tanques y equipamientos especiales

Válvula de escape de seguridad de fondo .....Capítulo 7

Equipo indicador de nivel y de toma de muestras

Sistema de tubo articulado, sistema de drenaje del techo flotante

Válvulas de descarga para techos flotantes, sistema separador, apagallamas hidráulico

Agregado desecador del aire, válvula de toma y descarga, sumidero

Servicio técnico y repuestos

5- Instalacion en buques tanque. Petroleros, quimiqueros y gaseros.

5.1- Requisitos de instalación.

Los requisitos de instalación en buques se definen en el anexo A de la ISO 15364 y en la Resolución de la OMI A.746 (18) que se muestran más abajo:

- Anexo A

Annex A

(Normative)

Installation Requirements for Ships Subject to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 2002 (SOLAS)

A.1 Cargo tank venting

For the purpose of arrangement and installation of cargo tank venting systems on board ships, the International Convention for the Safety of Life at Sea, 2002 (SOLAS) Chapter II-2 Regulation 4 shall be applied.

A.2 Examination of cargo tank pressure/vacuum valves on board ships

For the purpose of examination of cargo tank pressure-vacuum relief valves on ships, the International Maritime Organization Assembly Resolution A.746 (18), "Survey Guidelines under the Harmonized System of Survey and Certification," paragraph 6.2.3.3, shall be applied.

A.3 Access arrangements for examining pressure/vacuum valves

For the purpose of ensuring that any pressure/vacuum relief valve lifts easily and cannot remain in the open position (as per manufacturer's instructions) appropriate access arrangements to the valve to facilitate this operation, such as a stand or platform at deck level, should be fitted when necessary, with provisions allowing for inspection of inside accumulation of cargo residue and parts replacement. The instruction manual for the device shall include diagrams showing the weight of all parts over 10kg that need be dismounted for inspection, cleaning, and replacement of wearing parts, so that precautions for crane support can be allocated if necessary, and appropriate working schedules be prepared.

A.3 Medios de acceso para examinar las válvulas de presión/vacío.

"Con el propósito de asegurar que todas las válvulas de alivio de presión/vacío se eleven fácilmente y no puedan quedar en posición abierta (conforme a las instrucciones de los fabricantes) se dispondrán medios de acceso apropiados a las válvulas para facilitar esta operación, así como una plataforma en el nivel de la cubierta, que se instalará cuando sea necesario, para que los medios necesarios faciliten la inspección del interior por acumulación de residuos de la carga y la sustitución de las partes. El manual de instrucciones para los dispositivos deberá incluir diagramas mostrando el peso de todas las partes o elementos mayores de 10 Kg. Que necesiten ser desmontados para inspección, limpieza y sustitución de partes pesadas, así como precauciones para posicionar un medio de elevación o grúa si es necesario, y preparar una lista de trabajo apropiada."

- OMI resolución A.746 (18)

Resolución A.746(18)

Aprobada 4 noviembre 1993
(Punto 13 del orden del día)

DIRECTRICES PARA EFECTUAR RECONOCIMIENTOS DE CONFORMIDAD CON EL SISTEMA ARMONIZADO DE RECONOCIMIENTOS Y CERTIFICACION

(CA) **6.2.3** Por lo que respecta al casco*, las máquinas y el equipo de los buques de carga en relación con las prescripciones adicionales aplicables a los petroleros, el reconocimiento anual debe consistir en:

(CA) **.1** confirmar, cuando proceda, que se mantienen los medios precisos para recuperar la capacidad de gobierno si se produce un solo fallo (SOLAS 74/88, regla II-1/29);

(CA) **.2** examinar las aberturas de los tanques de carga, incluidas las juntas, tapas, brazolas y pantallas;

(CA) **.3** examinar las válvulas de presión/vacío de los tanques de carga y los dispositivos para impedir el paso de las llamas;

(CA) **.4** examinar los dispositivos para impedir el paso de las llamas de los respiraderos de todos los tanques de combustible, tanques de lastre oleoso, tanques de lavazas oleosas y espacios perdidos, en la medida de lo posible;

(CA) **.5** examinar los sistemas de respiración, purga y desgasificación y de otros medios de ventilación de los tanques de carga (SOLAS 74/88, regla II-2/59);

(CA) **.6** examinar los sistemas de la carga, lavado con crudos, lastre y agotamiento, tanto sobre cubierta como en las cámaras de bombas de carga, y el sistema de combustible en cubierta;

(CA) **.7** confirmar que todo el equipo eléctrico instalado en zonas peligrosas es apto para tales lugares, está en buen estado y es objeto de un mantenimiento adecuado;

(CA) **.8** confirmar que se han eliminado las posibles fuentes de ignición de la cámara de bombas de carga y sus proximidades, tales como equipo suelto, materiales combustibles, etc., que no hay indicios de fugas indebidas y que las escalas de acceso están en buen estado;

(CA) **.9** examinar todos los mamparos de las cámaras de bombas por si presentan indicios de fugas de hidrocarburos o grietas y, en particular, los medios de obturación de todas las perforaciones practicadas en dichos mamparos;

(CA) **.10** examinar, en la medida de lo posible, las bombas de carga, de sentina, de lastre y de agotamiento por si presentan fugas indebidas en los prensaestopas, verificar que los dispositivos eléctricos y mecánicos de accionamiento y de cierre por telemando y el sistema de achique de la cámara de bombas funcionan correctamente y comprobar que los polines de las bombas están intactos;

(CA) **.11** confirmar que funciona el sistema de ventilación de las cámaras de bombas, que los conductos están intactos, que funcionan los reguladores de tiro y que las pantallas están limpias;

(CA) **.12** verificar que funcionan los manómetros instalados en las tuberías de descarga y los sistemas indicadores de nivel.

Párrafo 6.2.3.3:

“examinar las válvulas de presión/vacío de los tanques de carga y los dispositivos para impedir el paso de las llamas.”

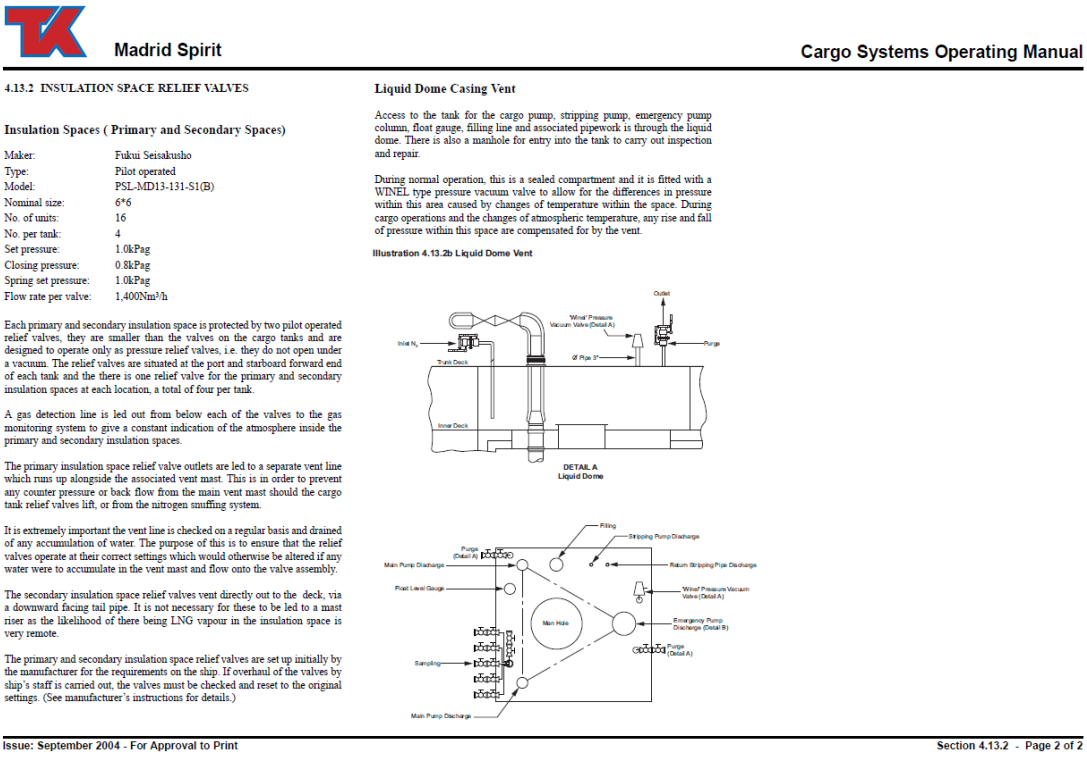
5.2- Diferentes posiciones de instalación según el tipo de buque.

A continuación mostramos diversas imágenes de instalación en distintos buques.

Las normas exigen la instalación de válvulas de presión/vacío en buques petroleros y quimiqueros independientes para cada tanque de carga.

5.2.1- **Gasero LNG**

Los buques gaseros como los LNG instalan válvulas de presión/vacío en el Liquid Dome Casing Vent.



Madrid Spirit — Cargo Systems Operating Manual

4.13.2 INSULATION SPACE RELIEF VALVES

Insulation Spaces (Primary and Secondary Spaces)

Maker:	Fukui Seisakusho
Type:	Pilot operated
Model:	PSL-MD13-131-S1(B)
Nominal size:	6*6
No. of units:	16
No. per tank:	4
Set pressure:	1.0kPag
Closing pressure:	0.8kPag
Spring set pressure:	1.0kPag
Flow rate per valve:	1,400Nm³/h

Each primary and secondary insulation space is protected by two pilot operated relief valves, they are smaller than the valves on the cargo tanks and are designed to operate only as pressure relief valves, i.e. they do not open under a vacuum. The relief valves are situated at the port and starboard forward end of each tank and the there is one relief valve for the primary and secondary insulation spaces at each location, a total of four per tank.

A gas detection line is led out from below each of the valves to the gas monitoring system to give a constant indication of the atmosphere inside the primary and secondary insulation spaces.

The primary insulation space relief valve outlets are led to a separate vent line which runs up alongside the associated vent mast. This is in order to prevent any counter pressure or back flow from the main vent mast should the cargo tank relief valves lift, or from the nitrogen snuffing system.

It is extremely important the vent line is checked on a regular basis and drained of any accumulation of water. The purpose of this is to ensure that the relief valves operate at their correct settings which would otherwise be altered if any water were to accumulate in the vent mast and flow onto the valve assembly.

The secondary insulation space relief valves vent directly out to the deck, via a downward facing tail pipe. It is not necessary for these to be led to a mast riser as the likelihood of there being LNG vapour in the insulation space is very remote.

The primary and secondary insulation space relief valves are set up initially by the manufacturer for the requirements on the ship. If overhaul of the valves by ship's staff is carried out, the valves must be checked and reset to the original settings. (See manufacturer's instructions for details.)

Liquid Dome Casing Vent

Access to the tank for the cargo pump, stripping pump, emergency pump column, float gauge, filling line and associated pipework is through the liquid dome. There is also a manhole for entry into the tank to carry out inspection and repair.

During normal operation, this is a sealed compartment and it is fitted with a WINEL type pressure vacuum valve to allow for the differences in pressure within this area caused by changes of temperature within the space. During cargo operations and the changes of atmospheric temperature, any rise and fall of pressure within this space are compensated for by the vent.

Illustration 4.13.2b Liquid Dome Vent

Issue: September 2004 - For Approval to Print — Section 4.13.2 - Page 2 of 2

Liquid Dome Casing Vent:
Es un espacio de acceso a las bombas de carga del tanque, bombas de stripping, sonda de flotador, línea de carga y líneas de trabajo asociadas que atraviesan el Liquid Dome. Hay también una boca de hombre para acceder al tanque de carga para inspección y reparación.

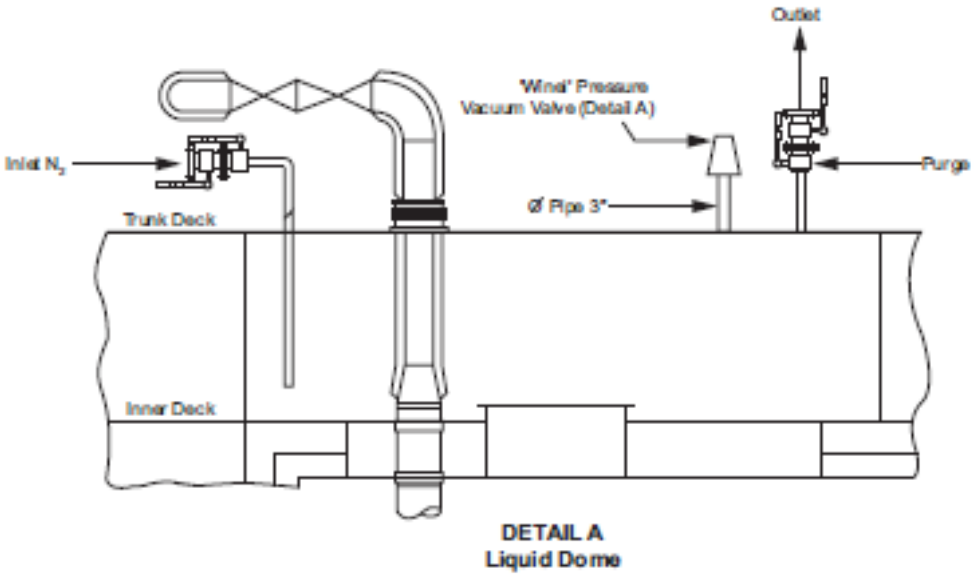
Durante la operación normal es un compartimento sellado, y está provisto de una válvula de presión/ vacío Winel para controlar las diferencias de presión debidas a los cambios de temperatura dentro de este espacio. Durante las operaciones de carga y los cambios de temperatura atmosférica cualquier subida o bajada de presión dentro de este espacio es compensado por este venteo

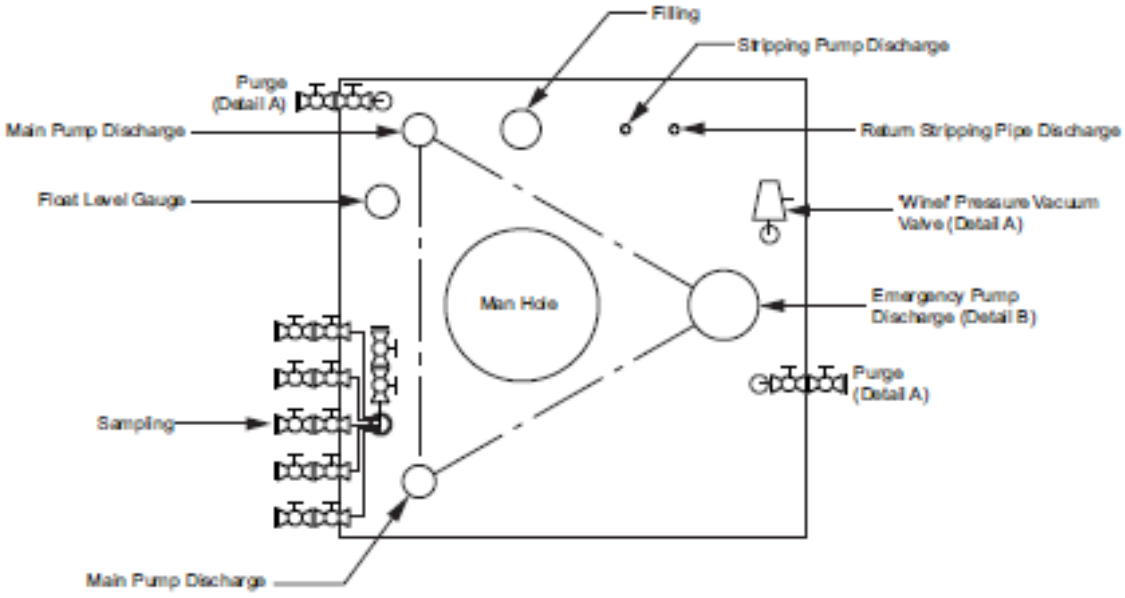
- Vistas de las válvulas PV en un LNG

P/V Hispania Spirit

P/V Hispania Spirit 1

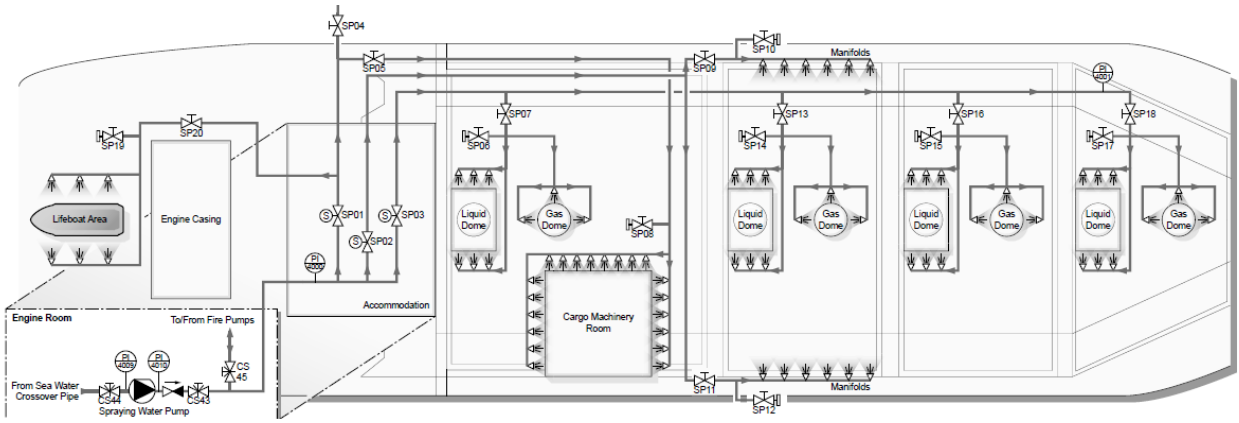
- Localización de las válvulas PV en el Liquid Dome de un LNG





Posición válvula PV en Liquid Dome

- Situación del Liquid Dome en un LNG

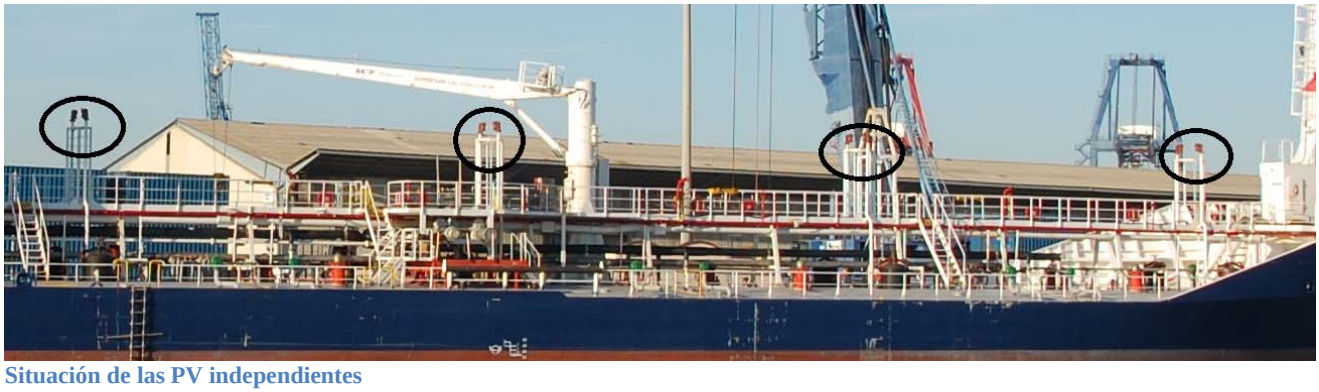


Localización Liquid Dome

5.2.2- **Buque Petrolero**

Situación de las válvulas PV en el buque asfaltero Mar Paula:

Vista general Mar Paula



Situación de las PV independientes

Válvulas PV de tanques de popa

Detalle estructura de acceso

5.2.3- **Buque quimiquero**

Situación de las válvulas PV en el buque quimiquero:

Quimiquero Chem Daisy

Posición PV quimiquero

Detalle estructura acceso PV

6- Descripción del funcionamiento de las PV

6.1- Descripción general.

Estas válvulas deben cumplir con los requisitos de seguridad de protección contra llamas, explosión, larga duración y resistencia a la temperatura y además cumplir con su función combinada como válvulas de alta velocidad, tanto como válvulas de control de presión como de control de vacío, para los sistemas de venteo de los tanques de carga.

PV de Er y Br

Están homologadas para su uso en buques petroleros, quimiqueros y OBO.

Deben estar operables y cumplir con sus funciones de control automático de las diferencias de presión en cualquier condición de operación de los tanques, ya sea en carga, descarga, en lastre o en viaje, así como las variaciones de presión producidas por las condiciones de temperatura exterior y durante el proceso de desgasificación de los tanques.

La doble función de válvula de control de presión y de vacío se consigue montando dos válvulas, para cada función, en un mismo cuerpo en la línea de venteo de cada tanque.

6.2- Comprobaciones previas

Previamente a las operaciones de carga o descarga, se comprobará el funcionamiento manual con el eje de accionamiento para asegurar que las partes móviles de las PV se accionan libremente.

6.3- Operación de carga y descarga.

PV en linea venteo 1

Con este montaje, cuando el tanque alcanza el punto de tarado a presión positiva 1400 mm c. a., actúa la válvula de control de presión manteniendo cerrada la de control de vacío y viceversa cuando se alcanza el vacío de – 350 mm c.a.

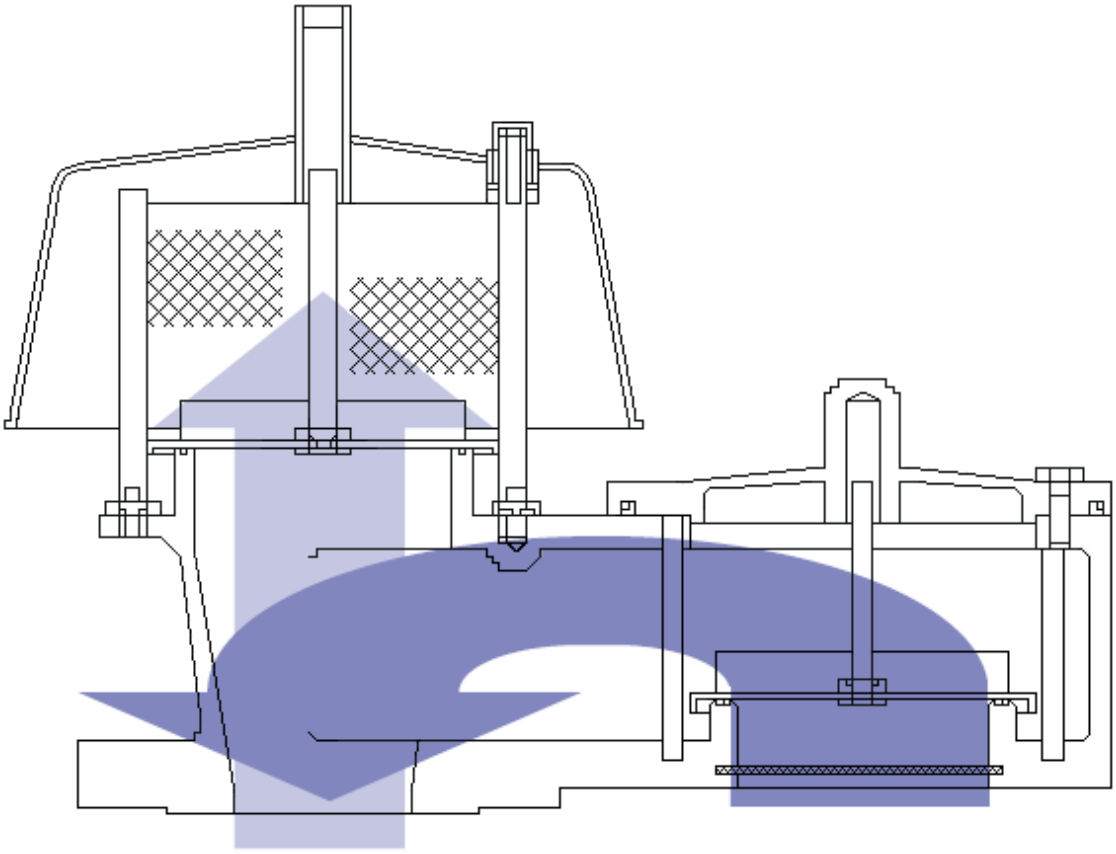
Los tanques en condición de carga se mantienen con presión positiva y con atmósfera inerte. (Si por el tipo de producto transportado se pueden liberar vapores de hidrocarburo que con una concentración superior al 8% y se combinara con un contenido de oxigeno superior al 5% podrían crearse condiciones de explosividad.)

En la condición de carga con gas inerte, la presión positiva en los tanques evitará la entrada de aire en los mismos, manteniendo controlada la concentración de oxigeno.

Con los tanques descargados, las válvulas de vacío controlarán la presión negativa evitando los daños estructurales en los mismos.

6.4- En navegación.

Durante la navegación, las válvulas PV operarán automáticamente aliviando la presión o el vacío causados por las variaciones térmicas.



Flujo en caso de sobrepresión o vacío

7- Características constructivas de las válvulas

Las características constructivas de las válvulas PV variaran en función de las condiciones de operación de los distintos tanques de carga y del buque.

Las que se exponen como ejemplo corresponden al buque asfaltero Mar Paula.

La válvula de presión está construida para estar en posición completamente abierta o cerrada, evitando siempre una posición intermedia del disco de cierre, impidiendo el efecto martilleo que causaría la destrucción del disco y asientos y el consiguiente ruido molesto para la tripulación.

En el momento de su apertura, los vapores de hidrocarburo salen con una velocidad de 120 m/seg.

Las válvulas están homologadas para las siguientes presiones de trabajo:

- entre 800 y 2500 mm.c.a. positivos
- 350 mm.c.a negativos

El máximo caudal es de 22.000m3/h dependiendo de la presión de apertura.

Son de construcción simple y robusta, lo cual garantiza una larga vida útil y un mantenimiento sencillo y reducido, aunque no debe obviarse por su simplicidad una metodología y buena práctica de mantenimiento y pruebas.

El fabricante garantiza la ausencia de electricidad estática, evitando en su construcción la utilización de materiales sintéticos y cumpliendo con los ensayos de laboratorio que lo certifican por compañía independiente.

Para el cálculo de los requisitos que deben cumplir las válvulas se utilizan las ecuaciones que se especifican en el documento que adjuntamos en anexos Ver punto 4.3 de Fundamentos Técnicos.

- Plano típico de una válvula PV

Bolaco Valves ApS
P.O.Box 86
Lindholm Havnevej 31
DK-5800 Nyborg.
e-mail: mail@bolaco.com
Tel. +45 66 11 81 88
Facsimile +45 66 11 86 29

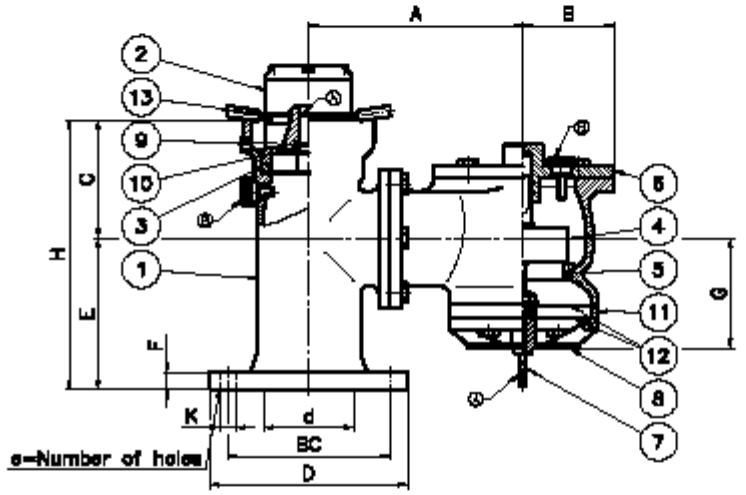
Bolaco **DN 65 - 300**

VALVE ID.:	TYPE:	DRAWING NO.:
BOLACO AUTOMATIC 7973	HIGH VELOCITY	45100
DATE:	MAKER:	REVISION NO.:
08.04.2002	H.J.	3

Approved in accordance with IMO MSC/Circ. 677 /1009 implementing ISO 15364. Service restrictions must be observed regarding cargo type, vent. Pipe length, coefficient of resistance and diameter. Please refer to certified flow curve.

Flange according to DIN 2501 PN 10 unless otherwise specified

Settings: +800 to +2500 mmWG / -350 mmWG



For ISO 15364 compliance:
A Check Lift / Full flow indication
B Fouling indication / flushing

Dim.	d	D	BC	e	K	F	A	B	C	E	G	H
	65	185	145	8	18	20	160	90	120	130	90	250
	80	200	160	8	18	22	195	96	120	130	105	250
	100	220	180	8	18	22	240	100	132	168	125	300
	150	285	240	8	23	24	360	145	175	225	180	400
	200	340	295	8	23	26	490	180	215	280	215	495
	250	395	350	12	23	28	625	225	280	355	290	635
	300	445	400	12	23	28	700	265	395	445	335	790

Pos.:		Matr.:1 7973.120	Matr.:2 7973.420	Matr.:3 7973.520	Matr.:4 7973.020	Matr.:5 7973.150
1	Valve body	C.I.	N.I.	S.S.	B.R.	C.I.
2	Pressure disc	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S./B.R.
3	Pressure seat ring	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.
4	Vacuum disc	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.
5	Vacuum seat ring	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.
6	Cover	C.I.	N.I.	S.S.	B.R.	C.I.
7	Check lift, vacuum	S.S.	S.S.	S.S.	B.R.	B.R.
8	Vacuum guard	C.I.	N.I.	S.S.	B.R.	C.I.
9	Spindle	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.
10	Damping control device					
11	Wire gauze holder	S.S.	S.S.	S.S.	B.R.	B.R.
12	Wire gauze	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.
13	Check lift, pressure disc	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.	S.S.

8- Instrucciones de mantenimiento y prueba recomendada por el fabricante.

Para mantener las válvulas en condiciones satisfactorias de trabajo, deberán ser inspeccionadas en intervalos regulares, en cada viaje o al menos cada mes, dependiendo del tipo de carga y duración del viaje.

Si no se realizan estas inspecciones recomendadas, se pueden formar incrustaciones y provocar desgastes anómalos reduciendo la capacidad de las válvulas para realizar sus funciones correctamente, reduciendo a la vez la seguridad del buque y la tripulación.

Cuando se inspeccionen las válvulas se deberá aplicar el siguiente procedimiento:
(Ver el plano adjunto para el modelo 45100)

- Retirar la cubierta, pos. 6 y protección inferior, pos. 8

- Retirar y limpiar los discos de presión pos. 2 y de vacío pos. 4

- Retirar y limpiar los anillos de asientos de presión pos. 3 y de vacío pos. 5

- Asegurarse repetidamente del funcionamiento del disco de presión pos. 2

- Limpiar todos los elementos de las válvulas con gas-oil o tetracloruro de carbono y con aire a presión y/o vapor.

- Montar los internos de la válvula de vacío y comprobar su correcto funcionamiento pulsando el vástago de accionamiento pos. 7

Una vez realizadas las inspecciones recomendadas y respectiva limpieza, se realizará la comprobación de la presión de tarado para ambas válvulas (ver más abajo el apartado correspondiente a la comprobación realizada a bordo). Durante la fase de inspección, desmontaje y limpieza se tendrá especial cuidado de montar las arandelas de ajuste pos. 11 en la misma posición en la que estaban ya que corresponden a la calibración del tarado realizada por compañía independiente, cuyo informe de calibración para cada válvula deberemos mantener a bordo.

9- Seguimiento del mantenimiento realizado a bordo de un buque asfaltero.

Cuando el buque está navegando en lastre y las condiciones meteorológicas lo permiten, y bajo la responsabilidad del primer oficial de cubierta, el bombero realiza las operaciones de mantenimiento descritas en el punto anterior.

A continuación, incorporamos una secuencia fotográfica de las actividades de desmontaje y montaje de las válvulas, identificando los distintos componentes. Es significativo que no exista un procedimiento de mantenimiento (dentro del manual de gestión) ni lista de chequeo para realizar esta tarea y dejar constancia de las anomalías encontradas, si las hubiera.

PV vistas hacia Pp

PV vistas hacia Proa

VÁLVULA DE PRESIÓN, MONTADA E INTERNOS

Válvula de presión montada

Internos válvula de presión

Cuerpo y asiento interno válvula de presión

FASE MONTAJE VÁLVULA PRESIÓN

Montaje Pressure disc v. presión

Montaje arandela ajuste tarado v. presión

Montaje arandela teflón v. presión

Montaje Magnet v. presión

Montaje Magnet v. presión

nut (tuerca) fijación v. presión

Disc cover v. presión

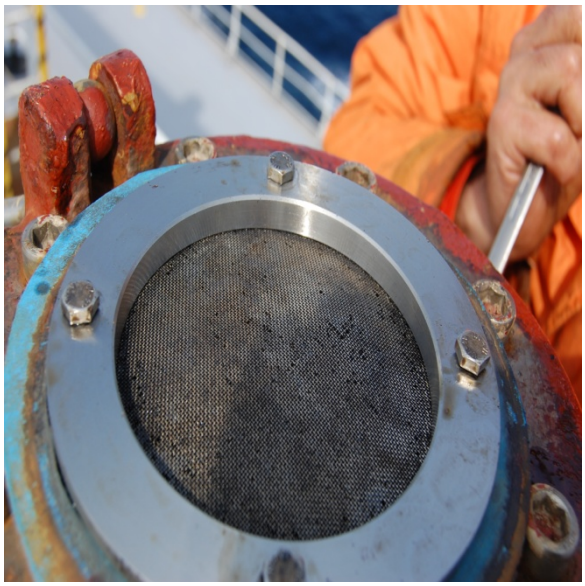
VÁLVULA DE VACÍO, MONTADA E INTERNOS

Desmontaje vacuum guard

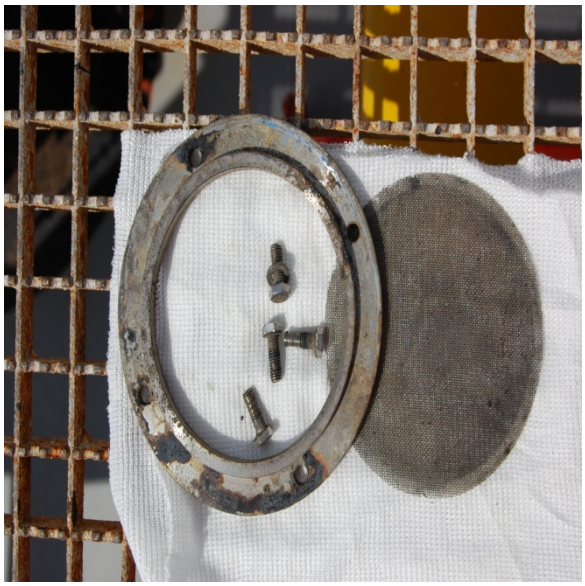
Internos válvula de vacío

vacuum disc montado v. vacío

top cover v. vacío



cover v. vacío



wire gauze and holder “Corta llamas” (tela metálica calibrada y anillo soporte)

10-Seguimiento de la comprobación del tarado post-mantenimiento realizado a bordo de un buque asfaltero.

10.1- Comprobaciones realizadas a bordo.

La comprobación del punto de tarado se realiza durante la operación de descarga para las válvulas de vacío y durante la operación carga para las válvulas de control de presión.

Para ello, se instala un mamovacuometro (manómetro capaz de medir presiones positivas y negativas) en la toma roscada situada en el lateral del cuerpo de válvula, prevista para ello.

Se pretende comprobar las presiones de tarado tanto positivas como negativas de las válvulas, teniendo como referencia las presiones de calibración realizadas en tierra por compañía independiente (ver certificado Bureau Veritas) y comprobando a la vez si las presiones leídas en el manovacuometro se corresponden con las indicaciones digitales observadas en el mismo instante en el ordenador del sistema de control de carga.

Manovacuometro

En la válvula de vacío, una vez instalado el vacuómetro, se actúa manualmente el check-lift o vástago de accionamiento manual del obturador, hasta conseguir que la depresión esté próxima a cero y se espera a que aumente el vacío hasta que se estabiliza la medida, realizando en ese instante la lectura.

En la válvula de control de presión, una vez instalado el manómetro, se espera a que se estabilice la presión y se realiza la lectura en el instante en que se abre.

CARACTERÍSTICAS DEL MANOVACUÓMETRO

Instrumento: Manovacuómetro analógico

Marca: NUOVA FIMA

Nº identificación: CE 4879

Clase: KI 1,6

Nº serie: 2700

Rango: -500 a 2000 mm.c.a.

Fecha calibración: 20/02/2009

Fecha de validez: 20/02/2010

CERTIFICADO DE PRUEBAS DE LAS PV REALIZADAS POR BUREAU VERITAS.

BUREAU VERITAS

International Register for Classification of Ships - Established 1828-

Registre International de Classification de Navires - Fondé en 1828-

Marine Division
Division Marine

ATTESTATION

ATT/CDX0/2009/J0021-A

Issued within the scope of the Bureau Marine Division General Conditions
Délivrée dans le cadre des Conditions Générales de la Division Marine du Bureau Veritas

NAME OF SHIP	**: MAR PAULA**
BV REGISTER N°	**: 03870J**
I.M.O. N°	**: 9287883**
FLAG	**: SPAIN**

The undersigned, J.SOS DE CÉSPEDES, Bureau Veritas Surveyor at Cádiz,

DECLARES:

That at Owner's request did attend the a.m. ship to for the test and adjustments of all P-V valves with satisfactory results.

In witness whereof, the present attestation has been issued for the ends and purposes to which it has been designed.

At Cadiz 21st April 2009
By order of the Secretary

BUREAU VERITAS - EXPERT DE CADIZ - PARIS 1828 - REGISTRE INTERNATIONAL -

J. SOS DE CESPEDES

As per BUREAU VERITAS General Conditions article 3, and BUREAU VERITAS Rules 2.016 and 2.013 it is the owner's duty, particularly between scheduled surveys to report need for repairs, whatever their nature or extent or any item condition which could affect the class in particular at the time of the sale of this ship. Failure to do so would result in loss of validity of this certificate, unless ruled otherwise by the Society upon advice of the classification committee.

The latest published Rules of Bureau Veritas Marine Division and the General Conditions therein are applicable
La dernière édition des Règlements de la Division Marine du Bureau Veritas ainsi que les Conditions Générales qui y figurent sont applicables

Any person not a party to the contract pursuant to which this document is delivered may not assert a claim against Bureau Veritas for any liability arising out of errors or omissions which may be contained in said document, or of errors of judgement, fault or negligence committed by personnel of the Society or of its Agents in the establishment or issuance of this document, and in connection with any activities for which it may provide.

Toute personne qui n'est pas partie au contrat aux termes duquel ce document est délivré ne pourra engager la responsabilité du Bureau Veritas pour les inexactitudes ou omissions qui pourraient y être relevées ainsi que pour les erreurs de jugement, fautes ou négligences commises par le personnel de la Société ou par ses agents dans l'établissement de ce document et dans l'éxécution des interventions qu'il comporte.

INCIDENCIAS OBSERVADAS DURANTE LA COMPROBACIÓN.

Los bomberos no tienen un criterio común para realizar la comprobación de vacío.

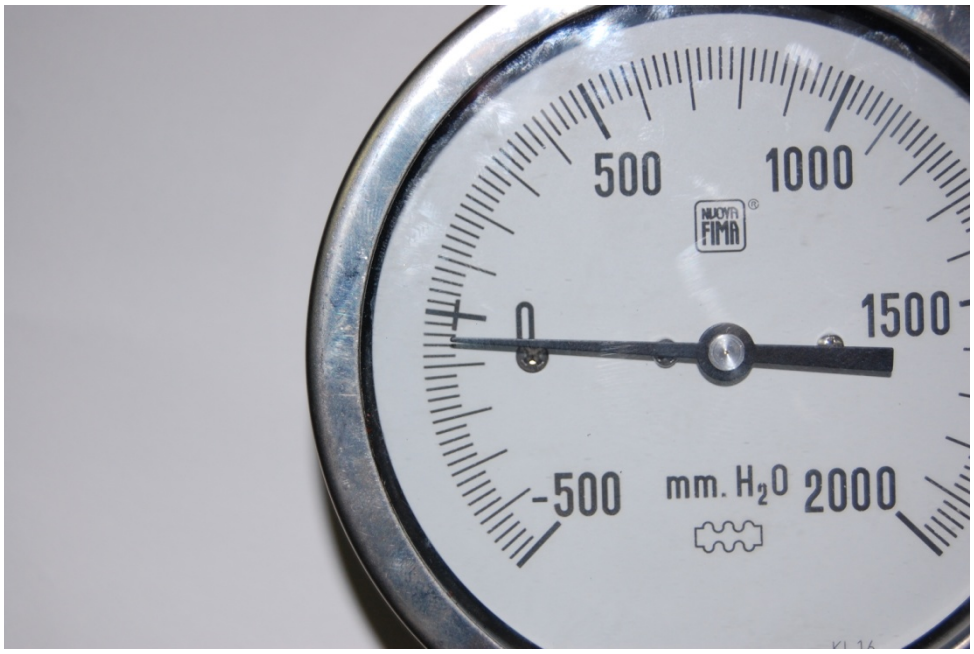
Hacen una única lectura y sin esperar a que el manómetro tenga una estabilización con la temperatura del vapor.

Uno de los bomberos no realiza la apertura manual del obturador de vacío correctamente, antes de realizar la lectura.

No comunica al control de carga si la lectura realizada es con corrección del error de índice.

La válvula del tanque 2 estribor no abre al vacío requerido.

La válvula del tanque 4 estribor no se comprueba porque se conoce que no actúa correctamente.



Error de indice del Manovacuometro

El número de referencia del manómetro que aparece en su etiqueta no corresponde a la referencia del certificado de calibración del laboratorio.

Etiqueta del período de validez de calibración

Deficiencias del certificado de calibración IESA:

- El certificado no menciona el Error de indice de – 40 mm.c.a. para la posición de 0,00 mm. c.a.

- No está debidamente firmado por el ejecutor de la calibración del laboratorio.

- No se puede verificar, en caso necesario, la trazabilidad del manovacuómetro calibrado con el manovacuómetro de referencia o Master utilizado en el laboratorio.

- **"El nº de referencia del manovacuómetro no corresponde con la referencia indicada en su certificado de calibración" CE 4879 distinto de CE 4880**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.

INSTRUMENTACION ELECTRICIDAD, S. A.

INFORME DE CALIBRACION
CALIBRATION REPORT

Customes:	MAR PAULA	Report:	CE. 4880
		Work Order	09/059

Calibrated instrument:	MANOVACUÓMETRO ANALÓGICO			
Mark :	NUOVA FIMA	Class:	K.I. 1,6	Model nº
Range:	-500 - 2000 mm H2O	Ser/Nº:	2700	Ref/Nº:
Calibration date:	20/02/2009			

Master instrument :			Serial/Nº:
Manufacturer :		Accuracy	± %
Traceability:	Range :		

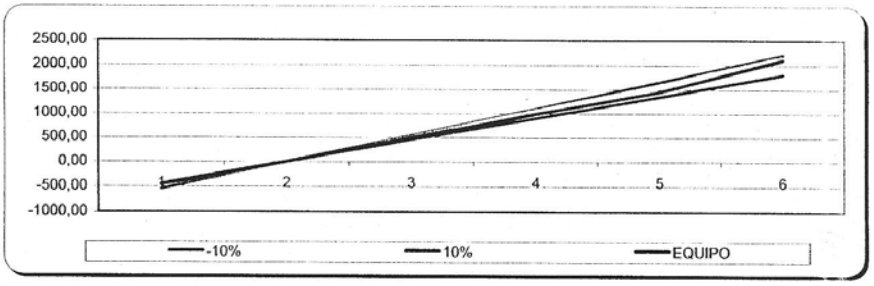
RESULTS OF THE CALIBRATION: OK

The indicated results, are obtained facing a certain value of measured by the master gauge against value measured in calibrating.

Ambient conditions:

Rel Humidity. 60 ±5% **Temperature:** 20 ºCs

INDICATED VALUE Nº MEASURES	Units Ing mmH2O	AVERAGE MASTER mmH2O	CORRECTION mmH2O	RESOLUTION	DEVIATION %	UNCERTAINTY ± mmH2O
3	-500	-460	40	1	8,000	80,000
3	0	0	0	1	0,000	0,000
3	500	480	-20	1	4,000	40,000
3	1000	990	-10	1	1,000	20,000
3	2000	2100	100	1	-5,000	200,000



OBSERVATIONS

The trazabilidad of the equipment pattern used by the Laboratory, comes assured by its calibration at intervals regular within the Plan from Calibration

The uncertainty associated to the results of the calibration, for an uncertainty coefficient k=2 (level of confidence approximated of 95%), has been indicated for each one of the points measured in completes column of the table of results

SIGNATURE	DATE	CALIBRATED	APPROVED
	20/02/09		J.A.Iglesias

INSTRUMENTACIÓN ELECTRICIDAD, S.A.
Polígono Industrial Río San Pedro,
11519 - Puerto Real

Chubb · VAF INSTRUMENTS · GMI GAS MEASUREMENT INSTRUMENTS Ltd. · UNE-EN-ISO 14001 IAC EMPRESA CERTIFICADA

10.2- Equipo de prueba de tarado si se cambia algún elemento de la válvula.

Esta prueba no se realiza realiza a bordo, debe realizarse en varadero certificada por compañía independiente.

"Sería conveniente disponer a bordo de una válvula PV de respeto y debidamente tarada por compañía independiente."

Para realizar la prueba a bordo hay que disponer de un equipo de prueba como el que se describe a más abajo y un procedimiento aprobado por el armador, además de un oficial y un bombero que hayan recibido la formación necesaria.

- *Equipo de prueba Type TR de Pres-Vac.*

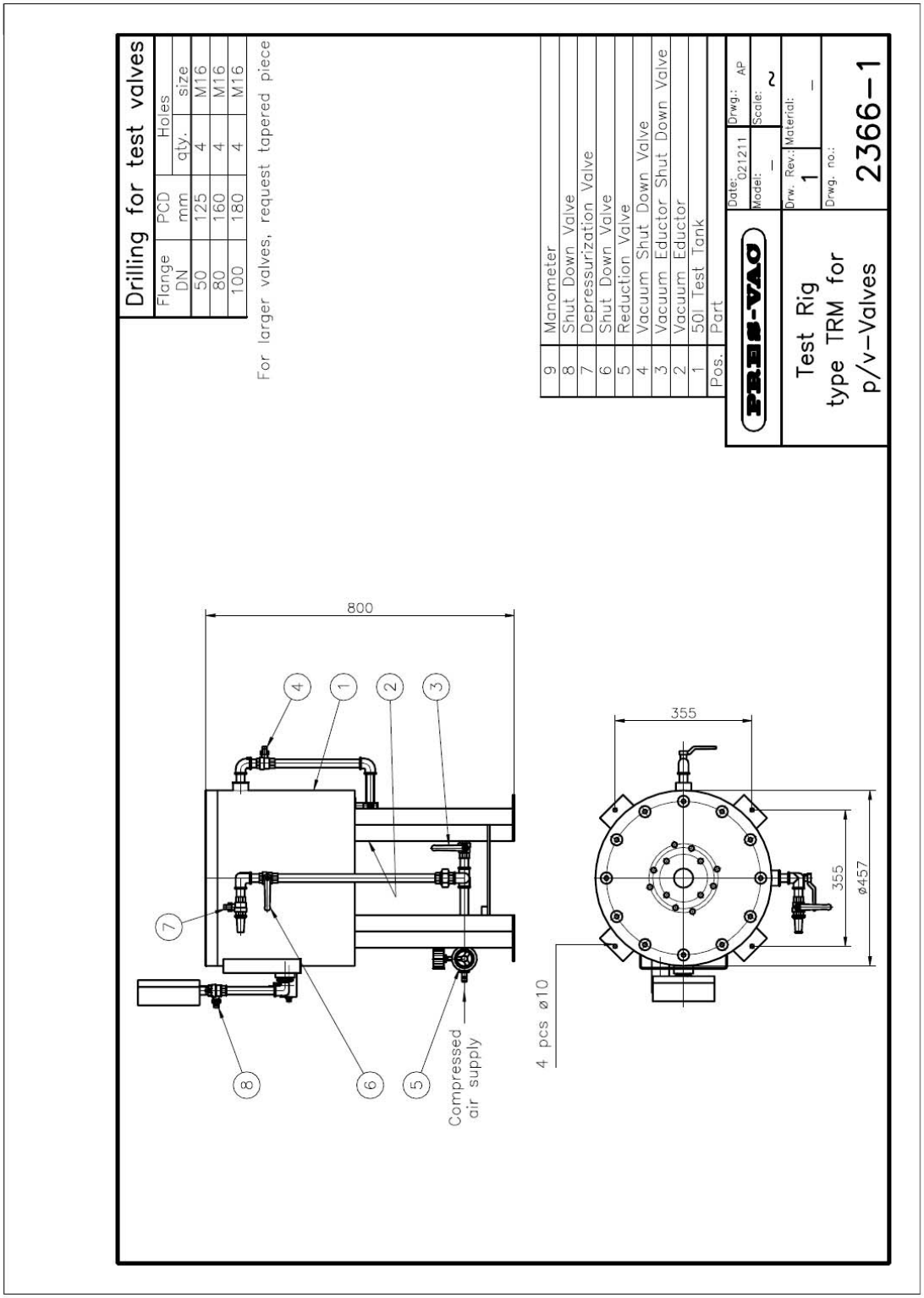
Test rig type TR is a compact unit able to measure set-pressures onpressure and vacuum valves with high precision instruments. Leakagerate from the entire valve can be measured to ensure compliance withenvironmental regulations (Californian waters, EPA regulations). Itrequires only electrical supply and compressed air. Vacuum is createdby means of an ejector, engaged when the tank is by-passed. Allreadings are given in two displays and a flow meter. Air supply iscontrolled by a pressure gauge downstream the reduction valve toprevent damage to the pressure transducer. For VECS operation itprovides a readily and easy accessible means to demonstrate setpressuresand thus the operational limitations that must be compliedwith. For compliance with new environmental regulations, the rig isaccompanied with detailed instructions to provide exact data on the emission from the vent indicated in grams/loaded cubic meters of cargo with compensation for molecular weight and operational pressure and temperature. These instructions are based on type HS-IM02.

Features of type TR:
Set pressure verification
Leakage rate measurement
Easy operation
Reliable, high quality instrumentation
Easy calibration
Compact dimensions
Precise readings
ISM relevant

Verification of set-pressure and Leakage rate

Specifications:
Type: TR
Dimensions: 1000 x 500 x 500 mm
Indications: Displays, flow meter,
And analog pressure gauge
Temperature: Celsius, PT 100
Power: 220 V, 50 - 60 Hz
Range: -100 - 800 mbar
Pressure: Maximum 1 bar through
Reduction valve
Connection size: To fit application

Certification:
Not required, work shop calibration
test available for instrumentation.


Drilling for test valves
Flange DN
PCD mm
Holes qty.
Holes size
50 125 4 M16
80 160 4 M16
100 180 4 M16
For larger valves, request tapered piece
9 Manometer
8 Shut Down Valve
7 Depressurization Valve
6 Shut Down Valve
5 Reduction Valve
4 Vacuum Shut Down Valve
3 Vacuum Eductor Shut Down Valve
2 Vacuum Eductor
1 50l Test Tank
Pos. Part
PRES-VAC
Test Rig type TRM for p/v-Valves
Date: 021211
Drwg.: AP
Model: _
Scale: 2
Drw. Rev.: 1
Material: _
Drwg. no.: 2366-1
800
355
355
ø457
4 pcs ø10
Compressed air supply

11-Propuestas de mejora para el mantenimiento y comprobación del tarado a bordo.

Es importante resaltar que las válvulas PV son el último dispositivo de seguridad para el buque y la tripulación y por este motivo, entre otros, su diseño, construcción, mantenimiento y pruebas están regulados por la IMO y el SOLAS. (ver referencias)

a) Sobre el manual de gestión.

- Dentro del manual de gestión debería incorporarse un procedimiento de mantenimiento y comprobación de calibración post-mantenimiento realizados a bordo, con su respectiva lista de chequeo, que debería firmarse por el ejecutor (realizado), el primer oficial de cubierta (supervisado) y el Capitán (aprobación). Las listas de chequeo deben mantenerse archivadas a bordo.

- Listar los repuestos necesarios, diferenciando los repuestos críticos de los recomendados e incluyendo una válvula completa de control de presión y una de control de vacío.

- Documentar el nº de referencia de cada válvula y su posición de montaje en cada tanque, incluido el nº de referencia de las válvulas de respeto.

- El procedimiento de desmontaje y revisión deberá incorporar al menos los siguientes apartados: precauciones de seguridad, equipos de protección personal teniendo en cuenta que puede existir alta presión y temperatura, repuestos necesarios, útiles y herramientas, condiciones del sistema para la ejecución de los trabajos, secuencia de desmontaje y montaje, verificaciones a realizar, lista de chequeo y documentación de referencia.

- El procedimiento de comprobación de tarado, si fuera distinto al de desmontaje, incluirá similares apartados, especificando las condiciones del sistema previas a la instalación del manovacuómetro y especificando que dicho instrumento se instalará al menos 10 minutos antes de realizar las lecturas para conseguir la estabilización térmica del mismo y que se deberán realizar al menos tres lecturas consecutivas tomando como valor definitivo su media aritmética, comunicando al oficial responsable la lectura directa realizada para que el oficial realice la corrección necesaria por error de índice si existiera.

- Preparar una base de datos para controlar históricamente las incidencias de funcionamiento relevantes, los cambios de componentes, las sustituciones de válvulas, las comprobaciones de tarado realizados a

bordo en cada válvula después de cada verificación realizada por el Bureau Veritas.

- Realizar un estudio de causa-efecto después de cada incidente relevante, para corregir errores y proponer mejoras.

b) Sobre el manual del fabricante, certificado de pruebas del Bureau Veritas y el certificado de calibración del laboratorio IESA.

- La documentación del fabricante, en inglés tanto las recomendaciones de mantenimiento y prueba como el plano, son de difícil comprensión por el personal de cubierta. "*Uno de los bomberos reconoce al preguntarle por los pares de apriete que no sabe interpretar el plano"*
- La documentación del fabricante es bastante deficiente, pues no indica los repuestos necesarios, ni los pares de apriete de la tortillería. Tampoco identifica dimensiones de las arandelas de ajuste de tarado ni concreta el procedimiento a seguir.
- Entre el documento de mantenimiento y el plano hay incoherencias sobre las presiones de trabajo admisibles ya que en el manual se indica entre 800 y 2500 mm.c.a. y en el plano entre 900 y 2100 mm.c.a
- El certificado de pruebas de las PV realizadas por Bureau Veritas es genérico, no identifica los nº de referencia de las válvulas ni aporta los certificados de prueba ni el procedimiento utilizado. Lo cual, hace imposible saber los valores de referencia para las comprobaciones del tarado realizadas a bordo.
- El certificado de calibración del manovacuómetro aportado por el laboratorio IESA tiene diversas deficiencias, tal como hemos indicado en el apartado 7.

c) Sobre la formación de la tripulación.

- Aunque los oficiales de cubierta conocen debidamente los sistemas afectados y las válvulas y su funcionamiento, sería recomendable que la empresa, dada la importancia vital de estos equipos, programara dentro de la formación de los oficiales un curso específico incluyendo los aspectos documentales del manual de gestión, procedimiento de mantenimiento y tarado, así como conocimientos sobre las calibraciones realizadas por Bureau Veritas y el laboratorio IESA.
- Los bomberos, aunque demuestran una buena práctica del oficio, evidencian una falta de criterios comunes y deberían disponer del procedimiento en castellano con todos los detalles del trabajo a realizar, con una metodología inequívoca y una lista de chequeo a cumplimentar, tanto para las tareas de mantenimiento como de comprobación de tarado.

d) Sobre las deficiencias encontradas.

- La mayoría de las deficiencias encontradas se solventarían si se incorporasen en el manual de gestión los procedimientos mencionados más arriba.
- Respecto a las deficiencias encontradas del laboratorio de calibración de instrumentos, bastaría con enviarles una no conformidad y solicitarles solución inmediata.
- Sobre el certificado genérico de pruebas realizadas en las PV y expedido por el Bureau Veritas, bastaría con pedirles el procedimiento utilizado y los resultados obtenidos para tener estos valores como referencia para las comprobaciones realizadas a bordo.
- Es muy recomendable tener a bordo más de un manovacuómetro calibrado así como una válvula de cada tipo de respeto.

12-Conclusiones

Lo que motivó mi interés inicialmente para realizar este TFC queda expuesto por un lado en la introducción y por otra parte en el convencimiento de que si además de disponer a bordo de la información contenida en los manuales del fabricante (la mayoría en inglés) se dispusiera de unos procedimientos detallados para el mantenimiento, al menos de los equipos críticos para la seguridad, se evitarían la mayoría de las situaciones de riesgo identificadas.

No podemos olvidar que la formación específica de los oficiales responsables, así como del personal de cubierta, el bombero y el contramaestre entre otros, para este tipo de tareas, favorecerían la eliminación o disminución de las mencionadas situaciones de riesgo.

Por identificar alguna de las situaciones de riesgo en equipos críticos para la seguridad como son las válvulas P.V., identificaremos las siguientes:

- El personal de cubierta dependiente del primer oficial, no sabía interpretar correctamente los planos y la documentación del fabricante en inglés. Lo cual se evitaría con unos procedimientos detallados y en español.

- El alumno, en este caso el redactor de este TFC, no supo identificar el elemento apagallamas montado en las válvulas P.V. y al consultarlo con el personal de cubierta y el plano del fabricante supuso que era un simple filtro anti-partículas metálico.

- El Capitán y el oficial responsable conocían la situación de inoperabilidad de una de las válvulas P.V. y no podían sustituirla por otra por falta de repuestos a bordo.

- El armador no completaba o mejoraba las exigencias de la OMI y las normas reguladoras aún a sabiendas de las limitaciones mencionadas.

- Las auditorías internas, las auditorias e inspecciones de los fletadores y las autoridades marítimas se manifiestan en ocasiones insuficientes para subsanar estas situaciones.

Por otra parte, a través del estudio de las distintos MSC publicados por la OMI, se desprende el interés por garantizar el buen funcionamiento de las PV para evitar los fallos debidos a errores humanos y de la propia instalación.

Queda, en conclusión, meridianamente claro para el autor de este trabajo, que el espíritu de la normativa va más allá de la interpretación que hacen los armadores siempre dominada por la contención del gasto en beneficio de la mayor rentabilidad posible.

13-Anexos

13.1- Presentación PowerPoint.

TFC PRESENTACIÓN VÁLVULAS PV.ppt

13.2- Glosario.

Apéndice

Glosario

Término	Descripción	Fuente
A prueba de propagación de llamas	Característica de un dispositivo para impedir la transmisión de llama.	-
Abertura controlada por el flujo	Una abertura diseñada para usarse con velocidades de flujo que exceden la velocidad de llama de una mezcla inflamable previniendo así la transmisión de llama.	UNE EN 12874: 3.1.19
Acumulación	Aumento de la presión por encima de la presión de servicio máxima permitida del recipiente durante la descarga a través de la válvula de alivio de presión.	ISO 23251 -3.1
Aire ambiente	Atmósfera normal que rodea los aparatos y sistemas de protección.	EN 13237: 3.1
Aire de combustión	Aire requerido para la combustión del gas de la antorcha.	ISO 23251 -3.19
Aire estequiométrico	Relación químicamente correcta entre combustible y aire para producir una combustión perfecta.	ISO 23251 -3.73
Altura de elevación de la válvula	Desplazamiento efectivo del disco de válvula a partir de su posición cerrada.	-
Apagallamas	Dispositivos que están unidos a la abertura de una envolvente o al sistema de tuberías de conexión de un sistema de envolventes y cuya función prevista es permitir el flujo, pero impedir la transmisión de llama.	ISO 16852 - 3.1
Apagallamas a prueba de combustión prolongada	Un apagallamas que previene la transmisión de llama durante, y después, de una combustión prolongada.	ISO 16852 - 3.16
Apagallamas a prueba de deflagraciones	Un apagallamas diseñado para prevenir la transmisión de una deflagración. Puede ser final de línea o en línea.	ISO 16852 - 3.14
Apagallamas a prueba de detonaciones	Apagallamas diseñado para prevenir la transmisión de una detonación. Puede ser final de línea o en línea.	ISO 16852 3.15
Apagallamas bidireccional	Un apagallamas que previene la transmisión de llama en ambos sentidos.	ISO 16852 - 3.13
Apagallamas de final de línea	Apagallamas que se acopla a una sola conexión de tubería.	ISO 16852 - 3.23
Apagallamas de tipo sello líquido a prueba de detonaciones	Un apagallamas en el que el producto líquido se utiliza para formar un sello hidráulico como medio apagallamas para prevenir la transmisión de llama de una detonación. Existen dos tipos de apagallamas de tipo sello líquido a prueba de detonaciones para usarse en líneas de productos líquidos a) sellos hidráulicos; b) válvulas de pie.	ISO 16852 - 3.19
Apagallamas en línea	Apagallamas que se acopla a dos conexiones de tubería, una a cada lado del elemento apagallamas.	ISO 16852 - 3.22
Apagallamas estático	Un apagallamas diseñado para prevenir la transmisión de llama mediante aberturas sofocantes.	ISO 16852 - 3.17
Apagallamas hidráulico	Apagallamas diseñado para romper el caudal de una mezcla inflamable en burbujas discretas mediante una columna de agua, impidiendo con ello la transmisión de llama.	ISO 16852 - 3.20
Apagallamas pre-volumétrico	Apagallamas que, tras una ignición debida a una fuente interna de ignición evita la transmisión de la llama dentro de un recipiente a prueba de explosión (por ej. depósito o sistema cerrado de tuberías) hacia el exterior o hacia las tuberías de conexión.	ISO 16852 - 3.23

Aparatos	Se entenderá por las máquinas, los materiales, los dispositivos fijos o móviles, los órganos de control y la instrumentación, los sistemas de detección y prevención que, solos o combinados, se destinan a la producción, transporte, almacenamiento, medición, regulación, conversión de energía y transformación de materiales y que, por las fuentes potenciales de ignición que los caracteriza, pueden desencadenar una explosión.	EN 1127: 3.5
Articulación de tubo giratoria	Parte de un sistema de tubo articulado.	-
Aspiración térmica	Movimiento de aire o inertización de gas en un tanque cuando los vapores en el tanque se contraen o se condensan como resultado de cambios climáticos (por ej. Disminución de la temperatura atmosférica).	ISO 28300 - 3.20
Atmósfera explosiva	Una mezcla con el aire de gases, vapores, nieblas o polvos inflamables, en condiciones atmosféricas, en las que después de la ignición, la combustión se propaga a través de toda la mezcla no consumida.	EN 1127: 3.17
Atmósfera explosiva más fácilmente inflamable	Atmósfera explosiva con una concentración de sustancias inflamables que, en las condiciones especificadas, necesita la menor energía para inflamarse.	EN 13237: 3.87
Atmósfera peligrosamente explosiva	Atmósfera potencialmente explosiva que si explota causa daños.	EN 1127 - 3.19
Cuerpo del apagallamas	Aquella parte del apagallamas cuya función principal es proporcionar una envolvente adecuada al elemento apagallamas y permitir las conexiones mecánicas con otros sistemas.	ISO 16852 - 3.2
Camisa de calefacción	Espacio cerrado para calentar un aparato, que rodea total o parcialmente el aparato.	-
Capucha de ventilación	Dispositivo de final de línea para la ventilación libre de envolventes. El dispositivo puede estar ejecutado a prueba de propagación de llamas.	-
Casquillo de guía	Pieza para guiar; p. ej., para guiar el husillo de guía de un disco de válvula.	-
Categoría de aparato	Dentro de un grupo de aparatos una categoría es una clasificación en función del grado de protección necesario (véase A.6.).	EN 13237: 3.26
Caudal de descarga efectivo	El caudal de descarga efectivo es el caudal másico de descarga determinado mediante medición.	DIN 3320-75
Caudal de fuga	Falta de estanqueidad de un dispositivo en volumen por unidad de tiempo (l/s).	-
Clase de temperatura	Clasificación de aparatos, sistemas de protección o componentes para atmósferas explosivas según su temperatura máxima de superficie.	EN 13237: 3.111
Colector / Tubería colectora	Sistema de tuberías para recoger y/o distribuir fluidos a o de varias vías de flujo.	ISO 23251 -3.45
Colector / Tubería colectora para conducto de ventilación	Sistema de tuberías que recoge gases y los entrega a la chimenea de aire efluente.	ISO 23251 -3.78
Combustión breve	Combustión estable por un tiempo determinado.	ISO 16852 - 3.5
Combustión estable	Combustión constante de una llama estabilizada en, o cerca de, el elemento apagallamas.	ISO 16852 - 3.4

Combustión prolongada	Combustión estable por un tiempo indeterminado.	ISO 16852 - 3.6
Componentes	Se entiende por «componentes» las piezas que son esenciales para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma.	EN 1127: 3.2
Concentración límite de oxígeno (CLO)	En las condiciones de ensayo especificadas, concentración máxima de oxígeno en la mezcla de sustancias inflamables con aire y un gas inerte en la que no se produce una explosión (EN 1127-1:1997).	EN 13237: 3.64
Condiciones atmosféricas	Presiones de 80 kPa hasta 110 kPa y temperaturas de -20° C hasta + 60° C.	ISO 16852 - 3.25
Conjunto de elementos apagallamas	Combinación de elementos apagallamas de banda enrollada con espaciadores intermedios.	-
Conjunto discos de llama FLAMMENFILTER®	Combinación de FLAMMENFILTER® con espaciadores intermedios.	-
Contrapresión	La contrapresión es la sobrepresión en el lado de salida al descargar (pa=pae+paf).	DIN 3320-58
Cuerpo	Envolvente de un producto o de un componente.	-
Deflagración	Explosión que se propaga a una velocidad subsónica (EN 1127-1:1997).	EN 13237: 3.15
Descarga a la atmósfera	Descarga de vapores y gases a la atmósfera a través de dispositivos de alivio de presión y despresurización.	ISO/FDIS 23251 -3.4
Descarga térmica	Movimiento de aire o inertización de gas en un tanque cuando los vapores en el tanque se expanden y el líquido en el tanque se vaporiza como resultado de cambios climáticos (por ej. aumento de la temperatura atmosférica).	ISO 28300 - 3.21
Detonación	Explosión que se propaga a velocidad supersónica y que está caracterizada por una onda de presión (EN 1127 - 1: 1997).	EN 13237 – 3.18
Detonación estable	Una detonación es estable cuando progresa a lo largo de un sistema confinado sin una variación significativa de las características de velocidad y presión.	ISO 16852 - 3.10
Detonación inestable	Una detonación es inestable durante la transición de un proceso de combustión de una deflagración a una detonación estable. La transición ocurre en la pequeña zona espacial donde no es constante la velocidad de la onda de combustión y donde la presión de explosión es significativamente mayor que la de detonación estable.	ISO 16852 - 3.11
Diámetro nominal	(DN) Denominación numérica de tamaño que se usa para todos los elementos de un sistema de tuberías, para los que no se indica el diámetro exterior o el tamaño de rosca. Se trata de un número redondeado que sirve de tamaño nominal y que sólo está relacionado de forma aproximada con las medidas de fabricación.	-
Disfuncionamiento	Situación en la que los aparatos, sistemas de protección y componentes no realizan la función prevista.	EN 1127: 3.25
Dispositivo amortiguador de ondas de choque	Dispositivo para reducir la energía cinética de una reacción.	-
Dispositivo de aspiración flotante	Dispositivo mecánico, a veces articulado, instalado en tanques, que flota sobre la superficie del líquido y sólo permite aspirar producto desde ese punto.	EN 14015 - 3.1 28

Dispositivo de seguridad preventivo de la pérdida del líquido de sellado	Dispositivo de seguridad que impide el vaciado por aspiración de un apagallamas tipo sello líquido a prueba de detonaciones hasta una capacidad de aspiración máxima.	-
Dispositivo indicador de nivel y de toma de muestras	Dispositivo para determinar niveles de llenado de depósitos de almacenamiento, así como para la toma de muestras a cualquier altura dentro del fluido almacenado.	-
Electricidad estática	Acumulación de una diferencia de potencial o carga eléctricos debida a la fricción de materiales o sustancias diferentes, por ejemplo, el flujo de un producto a través de una tubería.	EN 14015 . 3.1 18
Elemento apagallamas	Elemento apagallamas de banda enrollada	-
Elemento apagallamas anular	Unidad de elementos apagallamas que consiste en elemento apagallamas de banda enrollada anular.	-
Elemento fusible	Dispositivo que se funde a partir de una temperatura definida y desencadena una acción (abrir una capucha, cerrar una válvula).	-
Elevación	Desplazamiento efectivo del disco de válvula a partir de su posición cerrada.	ISO 4126 - 3.3
Área peligrosa	Es un espacio en el que una atmósfera explosiva está, o puede estar presente en tal cuantía, como para requerir precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización del material.	EN 13237: 3.55
Enrollado a la derecha	Orientación (acodado) de los canales de un elemento apagallamas de banda enrollada.	-
Enrollado a la izquierda	Orientación (acodado) de los canales de un elemento apagallamas de banda enrollada.	-
Espaciador intermedio	Componente que se encuentra sobre y entre el elemento apagallamas de banda enrollada de una unidad de elementos apagallamas.	-
Evacuación de calor	Calor total que se libera por la combustión de los gases basado en el menor valor calorífico.	ISO 23251 -3.36
Explosión	Reacción brusca de oxidación o descomposición que produce un incremento de temperatura, de presión o de ambas simultáneamente.	ISO 16852 - 3.7
Extinción	Enfriamiento de un fluido por mezclado con otro fluido a menor temperatura.	ISO 23251 -3.59
FLAMMENFILTER® FLAMEFILTER®	Marca registrada internacionalmente por Braunschweiger Flammenfilter GmbH para un elemento apagallamas de banda enrollada.	-
Fuente de ignición	Toda fuente que contenga suficiente energía para desencadenar una combustión (ISO 13702:1999).	EN 13237: 3.62
Gas inerte	Gas no inflamable que no permite la combustión y que no reacciona para formar un gas inflamable.	EN 13237: 3.68
Gas inflamable o vapor inflamable	Gases o vapores que mezclados con el aire en determinadas proporciones forman una atmósfera explosiva de gases.	EN 13237: 3.44
Guía del disco de la válvula	Elemento de una válvula que asegura el guiado de un disco de válvula.	-
Husillo de guía	Tubo dispuesto ortogonalmente y centrado respecto al plano del disco de válvula para guiar el disco de válvula.	-

Intersticio del elemento apagallamas	Los elementos apagallamas de banda enrollada presentan secciones más o menos triangulares. El intersticio de un elemento apagallamas es la altura del triángulo de un elemento apagallamas de banda enrollada.	-
Intersticio Experimental Máximo de Seguridad (IEMS)	Máxima separación entre las dos partes de la cámara interior de un aparato de ensayo que, cuando se provoca la ignición de la mezcla de gas interior y bajo condiciones específicas, previene la ignición de la mezcla externa de gas a través de una junta de 25 mm de largo, para todas las concentraciones del gas o vapor de ensayo en aire. El IEMS es una propiedad de cada mezcla de gas [EN 1127-1:1997]. Observación: La norma CEI 60079-1 A regula las pruebas del aparato y el método de ensayo.	UNE EN 12874 3.1.12.2
Intersticio FLAMMENFILTER®	Intersticio entre elementos de banda enrollada.	-
Inertización	Adición de sustancias inertes para impedir atmósferas explosivas.	EN 1127: 3.21
Jaula FLAMMENFILTER®	Bastidor para el conjunto FLAMMENFILTER®, incluidos los anillos de inserción.	-
Junta del disco de válvula	Elemento de estanqueidad entre el plato de válvula y el asiento de válvula.	-
Límite inferior de explosividad (LIE)	Límite inferior del intervalo de explosividad.	EN 1127: 3.8
Límite superior de explosividad (LSE)	Límite superior del intervalo de explosividad.	EN 1127: 3.9
Límites de explosividad	Límites del intervalo de explosividad (EN 1127-1:1997).	EN 13237: 3.29
Líquido inflamable	Líquido capaz de producir un vapor inflamable bajo todas las condiciones de funcionamiento previsibles.	EN 13237: 3.45
Mantenimiento	Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, incluidas las de vigilancia, destinadas a conservar y devolver un equipo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida.	EN 13237: 3.78
Material inflamable	Material inflamable por sí mismo o capaz de producir un gas, un vapor o una neblina inflamables (EN 60079-10:1996).	EN 13237: 3.46
Máxima presión de explosión	Presión determinada que bajo condiciones de ensayo predeterminadas aparece en un recipiente cerrado cuando se produce una explosión debida a atmósferas explosivas.	EN 14460 - 3.7
Presión	La unidad utilizada en esta norma para la presión es el bar (1 bar = 10.000 Pa). La presión se indica como sobrepresión (referida a la presión atmosférica) o como presión absoluta, según proceda.	ISO 4126 - 3.2
Presión de alivio	La presión de alivio es la presión o la presión negativa a la que la válvula alcanza la elevación necesaria para el caudal másico a evacuar. Es igual a la presión de tarado más la sobrepresión.	DIN 3320 - 54
Presión de cierre	Valor de la presión estática en el lado de entrada a la cual el obturador vuelve a tocar su asiento o a la cual la elevación es cero.	ISO 4126 - 3.2.4
Presión de ensayo	Presión para ensayar la resistencia estática y/o estanqueidad de un aparato.	-
Presión de explosión máxima admisible	Presión de explosión máxima calculada que puede resistir el aparato.	EN 14460: 3.8
Presión de descarga	Presión de alivio requerida en el lado de la envolvente.	ISO 4126 - 3.7

Presión de diseño / Temperatura de diseño (diseño general)	Presión que junto con la temperatura de diseño determina los grosores de pared mínimos posibles o las características físicas de cada pieza de construcción sobre la base de normas reconocidas y cálculos de diseño.	ISO 28300 - 3.15
Máxima presión de diseño admisible	La presión máxima indicada por el fabricante para la que está diseñado el equipo.	97/23/EC (PED)
Presión de diseño (tanque)	Sobrepresión máxima permitida de un tanque en el espacio situado por encima del producto almacenado.	-
Presión de tarado ajustada	La presión de regulación es la sobrepresión o el vacío al que bajo condiciones de ensayo (contrapresión atmosférica) las válvulas comienzan a abrirse.	-
Presión de servicio	La presión de servicio es la presión que existe en el sistema bajo condiciones de funcionamiento normales (incluidas las variaciones normales).	ISO 23251 : 3.49
Presión de tarado	Presión manométrica predeterminada a la que una válvula empieza a abrirse bajo condiciones de operación.	ISO 28300 - 3.19
Presión de trabajo máxima permitida MAWP	Sobrepresión manométrica máxima admisible en la zona superior de un depósito completo en su posición normal de funcionamiento a la temperatura coincidente designada que ha sido especificada para esa presión.	ISO 23251 -3.47
Presión negativa interna de diseño	Presión negativa máxima permitida en el espacio situado por encima del producto almacenado.	-
Producto	El término «producto» incluye aparatos, sistemas de protección, dispositivos, componentes y sus combinaciones, así como el software tal y como se definen en 3.4.2 de EN ISO 9000:2000 (EN 13980:2002).	EN 13237: 3.95
Punto de inflamación	Es la temperatura mínima corregida a una presión barométrica de 101,3 kPa, a la que la aplicación de una llama de prueba causa el vapor de la parte que se está probando para inflamarse bajo las condiciones de prueba especificadas (ISO 13736:1997).	EN 13237: 3.49
Recubrimiento	Revestimiento protector que define el grosor máximo/mínimo para proteger contra mezclas explosivas (ej. ácido).	-
Rejilla de protección	Dispositivo que asegura un flujo libre, pero impide el paso a, p. ej., animales.	-
Respiraderos libres	Respiraderos abiertos.	EN 14015 - 3.1.40
Retroceso de la llama	Fenómeno que se produce en una mezcla inflamable de aire con gas cuando la velocidad local de la mezcla inflamable disminuye por debajo de la velocidad de la llama, con lo que la llama retrocede al lugar de ignición.	ISO 23251 -3.34
Sello hidráulico (sello de agua)	Dispositivo que dirige el caudal de los gases a través de un líquido (normalmente agua) de camino a la antorcha y que la protege de la infiltración de aire o del retroceso de llama para redirigir el caudal o crear una presión de retroceso para la misma.	ISO 23251 - 3.43
Sensor integrado de temperatura	Sensor de temperatura integrado por el fabricante en el apagallamas para que en caso de incendio dé una señal para que se activen medidas de protección.	ISO 16852 - 3.24
Sistema de tubo articulado	Tubería móvil con o sin flotador situada en el interior de un tanque de almacenamiento y que sirve para llenar o vaciar.	-

Sistema de ventilación	Sistema que consta de una tubería y dispositivos para la ventilación libre de envolventes.	-
Sistemas de protección	Se consideran sistemas de protección los dispositivos, distintos a los componentes de los aparatos definidos anteriormente, cuya función es la de detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión y que se comercializan como sistemas de funcionamiento autónomo.	EN 1127: 3.36
Sistema de ventilación con apagallamas	Respiraderos libres o válvulas de presión y/o vacío combinados con un apagallamas o con elementos apagallamas integrados.	DIN EN 14015 - 3.1.42
Sobrepresión	Es el incremento de presión sobre la presión de tarado durante el ascenso de la válvula. Se alcanza el valor máximo cuando la válvula está completamente abierta. Se expresa normalmente como un porcentaje de la presión manométrica de tarado.	ISO 4126 - 3.2.3
Sonda indicadora de nivel	Aparato para determinar niveles de llenado en depósitos de almacenamiento.	-
Sonda termométrica	Sensor para controlar la temperatura	-
Subpresión de cierre	Es la diferencia entre la presión de tarado (presión de inicio de apertura) y la presión de cierre expresada normalmente como porcentaje de la presión de tarado.	-
Sustancia inflamable	Sustancia en forma de gas, vapor, líquido, sólido o mezclas de la misma capaz de experimentar una reacción exotérmica con el aire después de su inflamación (EN 1127-1:1997).	EN 13237: 3.48
Tanque	Contenedor o envuelta estructural en el que se procesan, tratan o almacenan materiales.	ISO 23251 -3.80
Tanque de almacenamiento	Tanque o depósito de almacenamiento, que no forma parte de la instalación de procesamiento, en instalaciones petroquímicas, refinerías, instalaciones de gas, unidades de producción de combustible, de gas y otras instalaciones.	ISO 23251 -3.74
Tapa flotante	Estructura que flota sobre la superficie de un líquido dentro de un tanque de techo fijo, principalmente para reducir la pérdida de vapor.	EN 14015 - 3.1.22
Techo flotante	Estructura metálica que flota sobre la superficie de un líquido dentro de la carcasa de un tanque abierto por la parte superior y en completo contacto con esta superficie.	UNE EN 14015: 3.1.21
Temperatura ambiente	Temperatura del aire o de otro medio en el emplazamiento en el que se usa el material (IEV 826-01-04) (IEC 60204-32:1998) Nota: En el marco de aplicación de la directiva 94/9/CE solamente se considera el aire.	EN 14015 - 3.1.21
Temperatura de diseño	Temperatura máxima indicada por el fabricante para la que está diseñado el equipo.	97/23/EC (PED)
Temperatura de servicio	Es el valor de la temperatura alcanzada cuando el equipo está trabajando con sus características asignadas.	EN 13237: 3.106
Temperatura de ignición (de un gas inflamable o de un líquido inflamable)	La temperatura más baja de una pared caliente, determinada en unas condiciones específicas de ensayo, a la cual se producirá la ignición de una sustancia combustible en forma de mezcla de gases o vapores con aire.	EN 1127 - 3.31
Temperatura máxima de servicio	Máxima temperatura que se alcanza cuando un aparato o sistema de protección funciona bajo las condiciones de servicio previstas.	EN 13237: 3.83

Tipo medible (apagallamas estático)	Apagallamas cuyas aberturas sofocantes del elemento apagallamas pueden diseñarse, medirse y controlarse técnicamente.	ISO 16852 - 3.17.1
Tipo no medible (apagallamas estático)	Apagallamas cuyas aberturas sofocantes del elemento apagallamas no pueden dibujarse, medirse o controlarse técnicamente (por ejemplo estructuras aleatorias tales como mallas tejidas, metales sinterizados y lechos de grava).	UNE EN 12874 3.1.17.2
Tornillo de descarga de condensados	Tornillo para descargar el condensado.	-
Tuberías de ventilación	Tuberías conectadas a las válvulas de salida de tuberías.	EN 14015 - 3.1.45
Tubo de guía	Tubo para guiar el husillo de guía de un disco de válvula.	-
Tubo de inmersión	Tubo que se introduce en el fluido interceptor de un apagallamas hidráulico.	-
Tubo de onda de choque	Dispositivo para desacoplar la onda de choque y el frente de llamas: patente PROTEGO®.	-
Tubo indicador de nivel	Tubo en el interior de un depósito de almacenamiento para determinar el nivel de llenado y la toma de muestras. En ejecución sencilla o a prueba de propagación de llamas.	-
Tubuladura de nivel	Abertura en un depósito de almacenamiento para medir el nivel o tomar muestras.	-
Unidad de elementos apagallamas	Jaula del elemento apagallamas de banda enrollada con el conjunto de elemento apagallamas y espaciadores.	-
Válvula de alivio de presión	Válvula diseñada para abrir, aliviar la sobrepresión y volver a cerrar, así como impedir que siga fluyendo el fluido, una vez que se hayan restablecido las condiciones estándar.	ISO 23251: 3.56
Válvula de alivio de presión convencional	Válvula de alivio de presión cargada por resorte que trabaja por el efecto directo de las oscilaciones de la contrapresión.	ISO 23251 -3.20
Válvula de alivio de presión pilotada	Válvula de sobrepresión en la que el dispositivo principal de alivio o la válvula principal está combinada con una válvula de presión auxiliar automática (pilotada) que lo dirige.	ISO 23251 -3.52
Válvula de diafragma	Válvula cuya parte móvil es un diafragma.	ISO 16852 - 3.19.2
Válvula de disco	Válvula con obturador en forma de disco y guiado axial.	-
Válvula de pie	Apagallamas con válvula de pie.	UNE EN 12874, 3.1.20.2
Válvulas de presión/vacío	Válvula de presión/vacío (Válvula P/V) - Válvulas de peso, pilotadas o de muelle utilizadas para descargar el exceso de presión o el vacío interno en el tanque.	ISO 23251 - 3.11
Vacío de regulación	Presión negativa interna a la que una válvula de vacío se abre.	UNE EN 14015: 3.1.4
Válvula de retención	Válvula que impide el retorno en contra del sentido de flujo.	-
Válvula de salida de fondo	Válvula de emergencia situada en el fondo del tanque que cierra inmediatamente en caso de rotura de una tubería aguas abajo.	-
Válvulas de salida de tuberías	Válvulas de presión o vacío a las que puede conectarse una tubería de ventilación.	EN 14015 - 3.1.44
Válvula de seccionamiento de seguridad	Una válvula de seccionamiento de seguridad es una válvula que se cierra automáticamente para impedir que se sobrepase una presión manométrica determinada.	DIN 3320-2

Válvula de seguridad	Válvula que automáticamente, y sin la asistencia de otra energía que la del fluido en cuestión, descarga una cierta cantidad de fluido para evitar que se sobrepase la presión de seguridad predeterminada, y que está diseñada para cerrar y evitar una acumulación de fluido después de que las condiciones de presión normales de servicio se hayan restablecido.	ISO 4126 - 3.1
Válvula de toma y descarga	Válvula de venteo de alta velocidad (apagallamas dinámico).	ISO 16852 - 3.18
Válvula de venteo de alta velocidad	Válvulas de alivio de presión para ventilación de emergencia.	UNE EN 12874 3.1.18
Válvulas de ventilación de emergencia	Válvulas de alivio de presión o vacío para ventilación de emergencia.	UNE EN 14015 3.1.43
Válvula pilotada	Válvula operada por un aparato de mando (piloto).	-
Vástago de guía	Componente (vástago) para guiar el disco de válvula.	-
Ventilación a la presión normal	Descarga en condiciones de servicio normales (bombeo de producto al tanque y descarga térmica).	EN 14015 - 3.1.35
Ventilación de emergencia	Ventilación requerida cuando se dan condiciones anormales dentro o fuera del tanque tales como la ruptura de la serpentina de calefacción interna o un incendio externo.	ISO 28300 - 3.23
Ventilación normal en condiciones de vacío	Aspiración en condiciones de servicio normales (bombeo de producto desde el tanque y aspiración térmica).	EN 14015 - 3.1.36
Venteo normal	Ventilación requerida por requisitos de operación o cambios atmosféricos.	ISO 28300 - 3.7
Zona 0	Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.	EN 13237 - 3.119-1
Zona 1	Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de operación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.	EN 13237 - 3.119-2
Zona 2	Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de operación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.	EN 13237 - 3.119-3
Zonas para gases / vapores	Los emplazamientos peligrosos se clasifican en zonas en función de la frecuencia y de la duración de la atmósfera explosiva gaseosa. Las definiciones siguientes solamente se aplican al grupo de aparatos II.	EN 13237 - 3.119

13.3- Fundamentos Técnicos de Protego.

Nota importante: PROTEGO autoriza por mail de fecha 30 de mayo 2011 la utilización de la información técnica y del software, Venting calculation, al autor de este trabajo. (ver anexos)

1. Introducción
2. Elementos generales
3. Combustiones
3.1 Explosiones
3.1.1 Explosiones atmosféricas
3.1.2 Explosiones volumétricas
3.1.3 Explosiones en conductos (Deflagraciones)
3.2 Detonaciones
3.3 Combustión prolongada
4. MESG (Máxima Separación Experimental de Seguridad)
5. Medidor de MESG
6. Diseño, función y gama de aplicación de los apagallamas
6.1 Frenos de llamas
6.1.1 Frenos de llamas estáticos de tipo seco: Filtro (disco) apagallamas
6.1.2 Frenos de llamas estáticos de tipo sello (sifón) líquido
6.2 Frenos de llamas dinámicos
6.3 Apagallamas a prueba de explosiones
6.3.1 Apagallamas a prueba de explosiones de fin de línea
6.3.2 Apagallamas a prueba de explosiones volumétricas
6.3.3 Apagallamas a prueba de explosiones en conductos
6.4 Apagallamas a prueba de detonaciones
6.4.1 Apagallamas a prueba de detonaciones con filtro de llamas
6.4.2 Apagallamas a prueba de detonaciones de tipo líquido
6.4.2.1 Apagallamas a prueba de detonaciones de tipo líquido para conductos de llenado y vaciado
6.4.2.2 Válvulas de pie para conductos de aspiración

6.5 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas

6.5.1 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas con freno de llamas estático de tipo seco

6.5.2 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas con freno de llamas de tipo dinámico

6.5.2.1 Válvulas de diafragma de carga líquida

6.5.2.2 Válvulas de seguridad

7. Ejemplos de protección de plantas industriales mediante el uso de apagallamas

7.1 Depósitos de almacenamiento enterrados

7.2 Depósitos de almacenamiento de superficie

7.2.1 Ventilación libre

7.2.2 Ventilación limitada

7.2.3 Ventilación con válvulas de presión y vacío (P/V) y conductos de retorno de gases

7.2.4 Ventilación a un incinerador o a una antorcha para combustión de gases residuales

7.2.5 Inertizado

1. Introducción

Durante la producción, el almacenamiento y desplazamiento de líquidos dentro o fuera del depósito se generan, frecuentemente, gases explosivos peligrosos. Por ello, resulta esencial tomar amplias medidas de seguridad como protección *primaria y secundaria* contra las explosiones. Estas medidas incluyen la aplicación de apagallamas.

En la mayor parte de los países europeos y asiáticos no existe una normativa nacional con respecto a este tema. Sin embargo, las plantas químicas o petroquímicas y las explotaciones de depósitos se diseñan con arreglo a normas y preceptos internacionales según el patrón **API** o **DIN**.

Todos los inventos importantes están asociados a los nombres de personas que hicieron y hacen historia. En 1815 el científico y químico británico, Sir Humprey Davy, descubrió que una llama no traspasa fácilmente una tela metálica. De esta forma se creó la lámpara antideflagrante minera para mineros, hecho que dió lugar a una nueva era en todos los apagallamas que impiden la penetración de la llama en atmósferas de metano. Con posterioridad, se utilizaron cajas cilíndricas llenas de grava para proteger depósitos cargados con líquidos inflamables contra las llamas que se originan en las tuberías de distribución de gasolineras.

Con la introducción del así denominado filtro apagallamas del tipo de cinta rizada, el ingeniero alemán, Robert Leinemann , consiguió crear el "Braunschweiger Flammenfilter", que resulta adecuado para todos los procesos de combustión físicamente posibles. Muchos de sus inventos constituyeron hitos en el campo de la protección contra explosiones mediante el empleo de apagallamas.

El nombre **PROTEGO** - "Yo protejo" - es, hoy en día, una marca registrada en los sectores industrial y comercial, un concepto de valor de fama mundial en el campo de la seguridad y protección ambiental.

A pesar de las estrictas normas técnicas y amplias medidas de protección aplicadas, se producen y pueden ocurrir graves accidentes debido a fallo humano y funcionamiento técnico defectuoso. Los apagallamass PROTEGO contribuyen de forma inestimable a la seguridad humana y de plantas fabriles en muchos sectores industriales relacionados con líquidos y gases inflamables. Los apagallamas PROTEGO protegen la planta fabril y el ambiente de los riesgos de explosiones y contaminación.

El empleo correcto de los apagallamas PROTEGO *a prueba de explosiones, detonaciones y combustiones prolongadas* combinado con sistemas compensadores de presión y vacío se encuentra sujeto a las condiciones de servicio y a todos los procesos de combustión que pueden presentarse.

Los apagallamas PROTEGO constituyen una inversión excelente y esencial para la seguridad y protección del medio ambiente.

2. Elementos generales

Para proteger las instalaciones de fabricación de forma efectiva contra los riesgos de explosión no cabe conocer únicamente los distintos procesos de combustión. El conocimiento creciente de la protección ambiental conduce a enfoques técnicos más sofisticados, tales como sistemas de retorno de gases, plantas de combustión de gases de evacuación, sistemas de recuperación de gases, etc.

Este texto describe los distintos procesos de combustión, a efectos de explicar su influencia en el diseño y la construcción de depósitos de almacenamiento y de plantas de proceso para las industrias química y petroquímica.

3. Combustiones

3.1 Explosiones

Cuando se enciende una nube de gases, el desarrollo de explosiones depende de las dimensiones del volumen circundante.

3.1.1 Explosiones atmosféricas (libres)

En la atmósfera se pueden formar nubes explosivas de gases a consecuencia (*ver fig. 1*) de una descarga de mezclas explosivas, p.e., durante el llenado de depósitos de almacenamiento. Estos gases pueden inflamarse por influencias externas, p.e., chispa volante o un relámpago. El resultado es una explosión, que se describe, exactamente, como una explosión atmosférica. La presión de explosión y la velocidad de propagación de la llama son relativamente bajas debido a las posibilidades de expansión y, por ello, la capacidad de penetración de la llama también es reducida. Sin embargo, la llama de esta explosión libre relativamente inocua intentará introducirse en el depósito ventilado a la atmósfera. Los apagallamas situados en el extremo de una abertura de ventilación -los denominados apagallamas de fin de línea- deben proporcionar seguridad contra una penetración de llama causada por explosiones atmosféricas. *ver fig. 1*

Por ello, estos accesorios se definen como apagallamas a prueba de explosión de fin de línea.

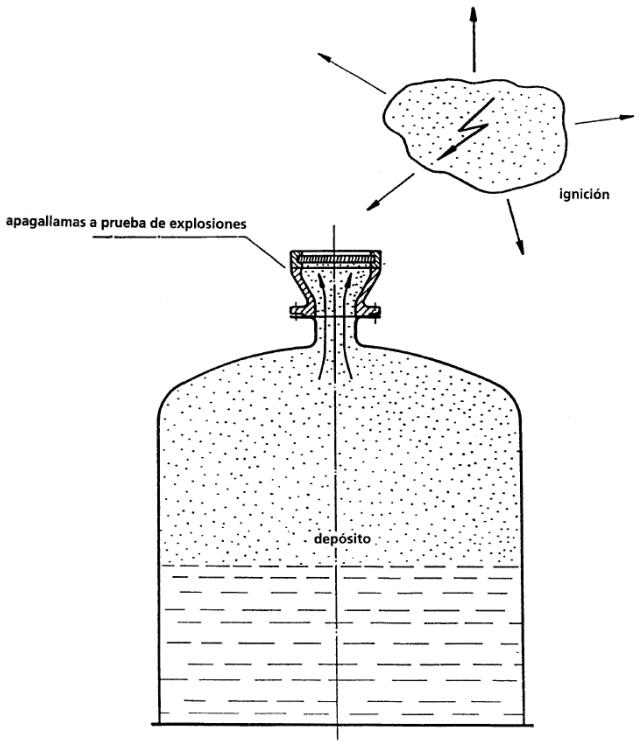


Figure 1

3.1.2 Explosiones volumétricas (confinadas)

Una explosión en volumen cerrado es la combustión dentro de un volumen cerrado, p.e., dentro de un depósito (*ver fig. 2*). Durante este proceso se forma la correspondiente presión de explosión, dado que no existe posibilidad de expansión en este tipo de combustión confinada. Si se inflaman vapores de producto o mezclas de gas/aire en una cámara cerrada, el frente de llamas se propaga a alta velocidad desde la fuente de ignición en dirección a la mezcla explosiva que no ha entrado en combustión. Los gases no quemados son comprimidos por la expansión de volumen de los gases quemados. Por consiguiente, la velocidad de propagación de la llama aumenta con gran rapidez y con el efecto añadido de que el frente de llama se conecta a la onda de presión. Durante este proceso de combustión, afectado por la geometría y las dimensiones del depósito, se genera una velocidad de propagación de la llama de hasta varios m/s y una presión de explosión de hasta 10 bar con una presión inicial de 1 bar a temperatura ambiente. A efectos de evitar que una explosión en volumen de este tipo se propague a otras zonas potencialmente en peligro fuera del recipiente, p.e., mediante aberturas existentes de

ver fig. 2

Esos apagallamas se conocen bajo el nombre de apagallamas a prueba de explosión en volumen cerrado.

Explosión volumétrica

issue March 22, 1995
kla 95712279 DOC/it

Ignición de mezclas de vapor/aire en un volumen cerrado (p.e. depósito, cuba)

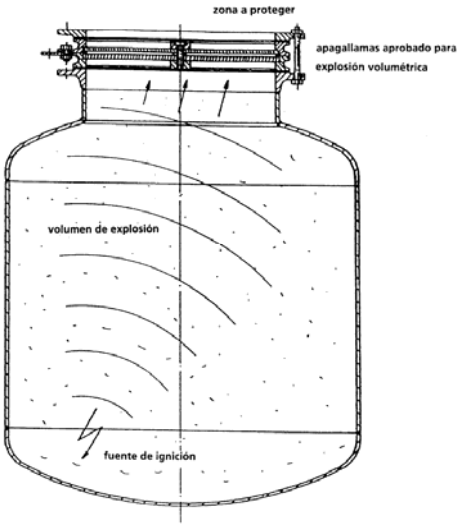


Figure 2

PROTEGO

3.1.3 Explosiones en conductos (Deflagraciones)

ver fig. 3

En el caso de la ignición de mezclas inflamables en conductos, el efecto de las explosiones en volumen cerrado se intensifica. El frente de llamas se propaga desde la fuente de ignición a lo largo del conducto y , por lo tanto, la intensidad continua de los gases quemados incrementa aún más la turbulencia de los gases no quemados. En resumen, se produce un incremento permanente en la velocidad de propagación de la llama y la presión de explosión. Por decirlo así, el frente de llamas se conecta a la onda de presión, que avanza delante del frente de llamas. El proceso de combustión, es decir, la máxima velocidad de propagación de llama, incluyendo la mayor presión de explosión posible depende, sobre todo, de la relación existente entre la longitud **"L"** y el diámetro **"D"** del conducto, la denominada razón **L/D**. Estas explosiones en el interior de un conducto se describen también como deflagraciones y pueden provocar velocidades de propagación de la llama desde unos 250 m/s hasta más de 500 m/s y presiones de explosión entre 10 y 20 bar, aproximadamente.

Los apagallamas que garantizan el cese de explosiones en conductos o deflagraciones se denominan apagallamas a prueba de explosión en conducto o apagallamas a prueba de deflagraciones.

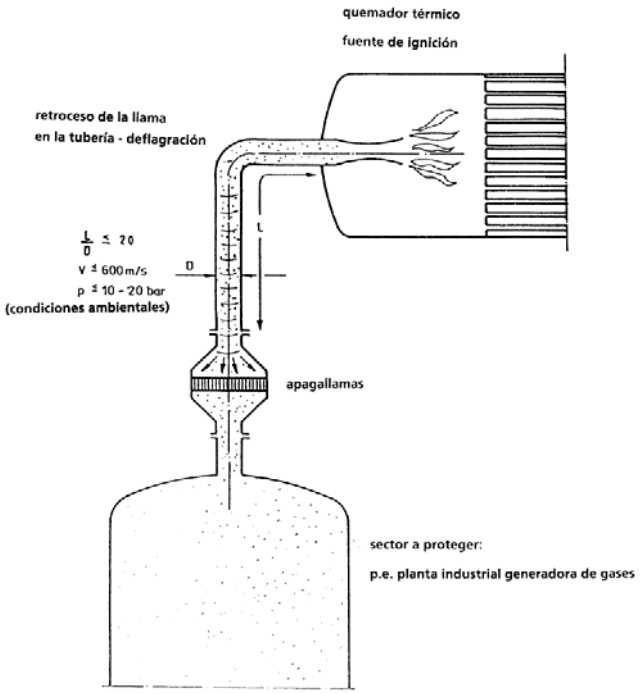


Figure 3

PROTEGO

3.2 Detonaciones

Las explosiones en conducto - deflagraciones - pueden pasar a ser detonaciones cuando se cumplen las condiciones operativas necesarias. Con un conducto suficientemente largo la presión aumenta dentro de la onda de presión-choque, que se desplaza por delante del frente de llamas a gran velocidad, teniendo por resultado que las mezclas explosivas no quemadas son comprimidas hasta alcanzar la temperatura de autoignición. En este punto, la onda de presión-choque y el frente de llamas se superponen. Esto produce una combustión inducida por impulso de choque repentino. En esta zona

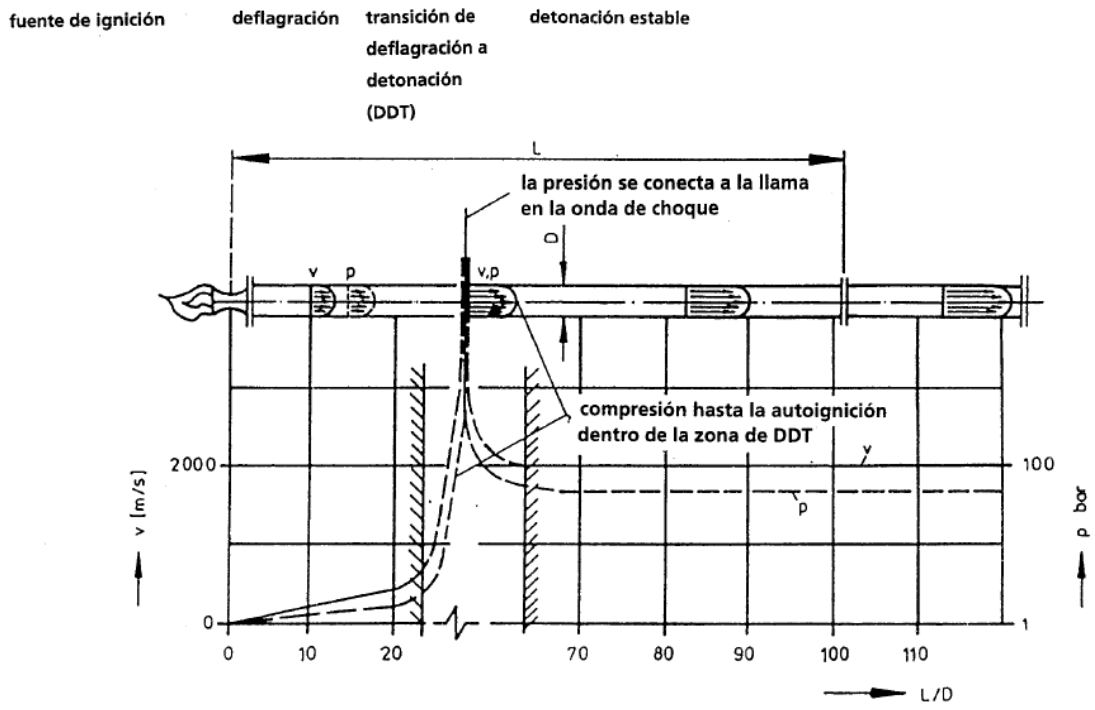
ver fig. 4

inestable del paso de una explosión en conducto (deflagración) a detonación transcurre un mínimo de tiempo y se pueden alcanzar velocidades de llama de varios miles de metros por segundo. Este proceso de cambio se define como *transición de deflagración a detonación* o *superdetonación*. Posteriormente, el proceso de combustión progresa a una detonación estable con velocidades de combustión constantes de unos 2000 m/s (en el eje del conducto). Durante las detonaciones estables se generan tensiones dinámicas de corta duración y de 80 a 200 bar, dando lugar a una presión estática media, cuyo valor no excede de los 10 a 20 bar.

Los apagallamas que frenan las detonaciones se denominan apagallamas a prueba de detonaciones.

Deflagración acelerada

Deflagración acelerada: Detonación



v = velocidad de llama acelerada por el incremento de las turbulencias

P = presión en aumento por expansión de gases quemado (onda de choque)

Figure 4

3.3 Combustión prolongada

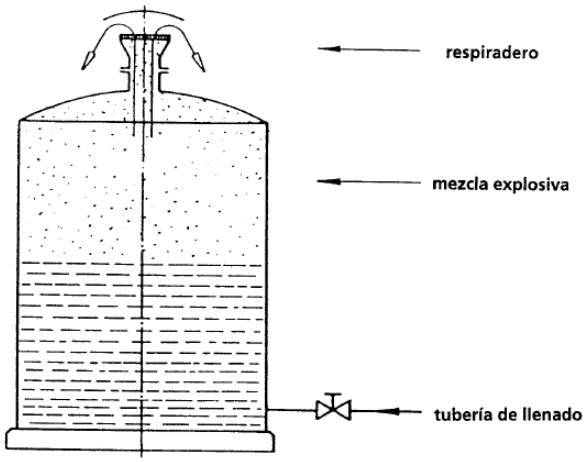
Durante el bombeo de llenado se puede producir una situación de combustión prolongada en un apagallamas instalado dentro o en el fin de una línea si las mezclas de gas o vapor/aire se inflaman. Un apagallamas seguro y adecuado no sólo tiene que evitar la penetración de la llama al interior del depósito en el instante de la ignición , sino resistir también una combustión prolongada. *ver fig. 5*

Los apagallamas que satisfacen estos requisitos se conocen como apagallamas a prueba de combustiones prolongadas.

Combustión prolongada

issue March 22, 1995
Kia 9571229E DIN/A

combustión prolongada durante el bombeo del producto



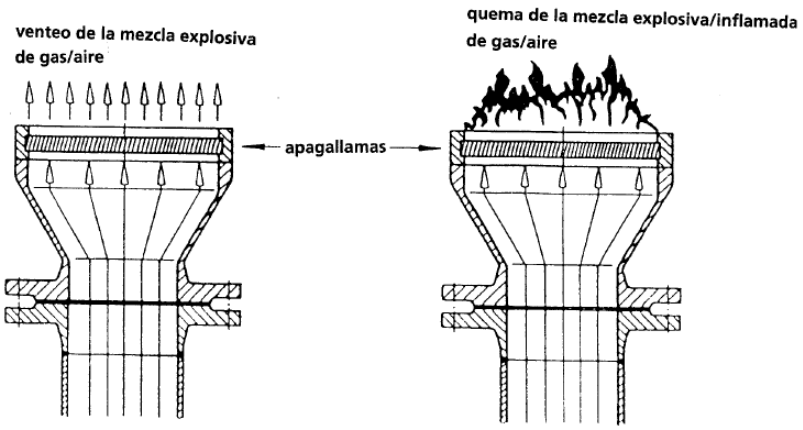


Figure 5

4. MESG (Máxima separación experimental de seguridad)*

A efectos de valorar los riesgos de explosión y para una comprensión correcta de los apagallamas resulta preciso observar los preceptos de seguridad relativos a líquidos y gases combustibles. Los parámetros pertinentes son:

- temperatura de inflamabilidad („flashpoint")
- límite superior e inferior de explosión
- temperatura de ignición
- energía de ignición

*** NOTA**: MESG = Maximum Experimental Safe Gap; en alemán NSW

Al efecto de clasificar cada producto se definió y determinó, internacionalmente, la denominada MESG (Maximal Experimental Safe Gap = Máxima Separación Experimental de Seguridad). Según esta MESG, los materiales inflamables se clasifican en distintos grupos de explosión, que caracterizan la capacidad de penetración de la llama. Para proteger las instalaciones sujetas a un peligro potencial de explosión no se requiere tan sólo un minucioso conocimiento del posible proceso de combustión para aplicar dispositivos de protección apropiados. También reviste importancia ser consciente del hecho que mezclas inflamables distintas tienen energías distintas de penetración de llama. Acto seguido ilustraremos la forma de determinar la MESG y el efecto de la separación o paso *de extinción de llama* comparable a los filtros apagallamas PROTEGO.

Cuando se enciende una mezcla inflamable en una separación estrecha entre dos placas, la llama se propaga a través de dicha separación en el sentido de las mezclas restantes no quemadas. Desde el frente de llamas se transferirá calor a las paredes de las placas. Por supuesto, cuanto más estrecha y larga resulte la separación, tanto mayor será la influencia ejercida por las paredes sobre el perfil de la llama, es decir, tanto más energía se disipará por transferencia de calor a las paredes. Al reducir la anchura de la separación, la influencia de la capa límite de temperatura será predominante. Como consecuencia, la transferencia de calor apaga la llama debido a la influencia de las paredes.

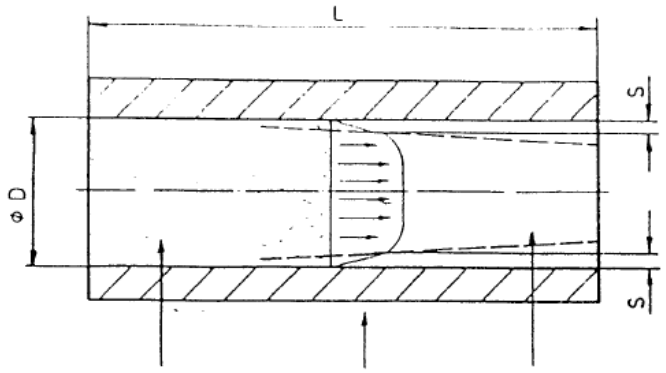
ver fig. 6

En función de la reactividad de las mezclas, existen distancias de separación máximas permitidas, que dependen de la longitud de separación, y donde no es posible una reacción con llamas o donde las llamas se extinguen con lo que, al final, se impide la penetración de las llamas. Debido a ello, cada sustancia (gas, vapor o líquido) puede asociarse a una separación máxima de extinción de llama en la cual no se producirá una penetración de llama. Este efecto permite clasificar los vapores de productos o las mezclas de gas/aire inflamables.

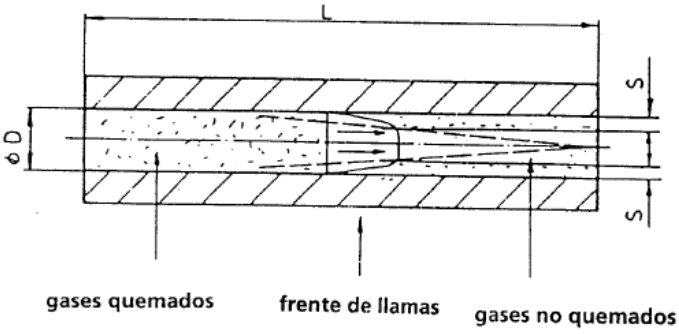
ver fig. 7
ver fig. 8
ver fig. 9

Separación de extinción de llama

Issue: March 22, 1995
Ma 9571229F DOC/A



D » 2S: capa límite S, para disipación de energía por transferencia de calor a la pared, pequeña con respecto a la amplitud D del frente de llamas; por ello, sin extinción de llama



D ≡ 2S: capa límite S, para disipación de energía por transferencia de calor a la pared, grande con respecto a la amplitud D del frente de llamas; por ello, extinción de la llama
D = 2S → extinción de llama
D = distancia de extinción

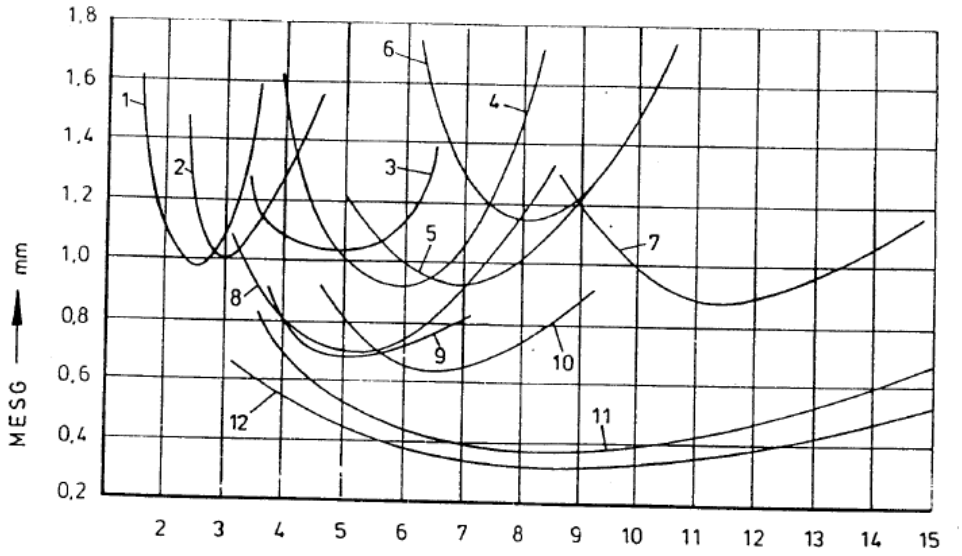
Figure 6

PROTEGO

MESG - Máxima Separación Experimental de Seguridad

issue: March 22, 1995
kla 957122A1.DOC/6

separación de seguridad en función de la concentración de gas en el aire



gas o vapor mezclado con aire —> tanto por ciento en volumen

1 n-hexano
2 metilisobutilcetona
3 etilacetato
4 etano
5 acetaldehido
6 metano
7 sulfuro de hidrógeno
8 óxido de propileno
9 dioxano
10 etileno
11 acetileno
12 sulfuro de carbono

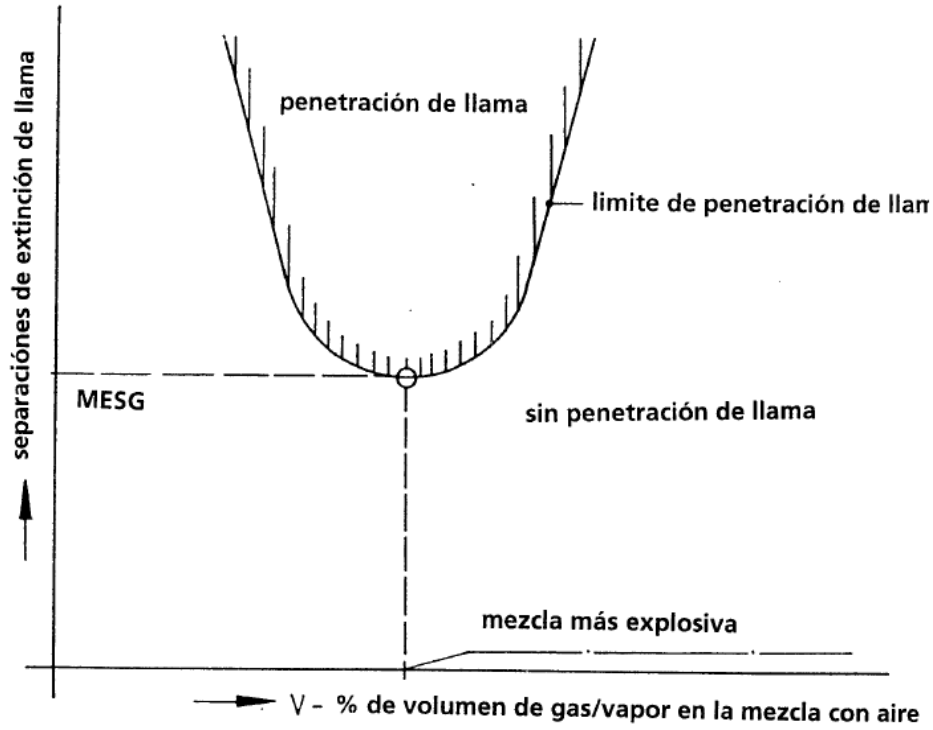
Figure 7

PROTEGO

MESG - Máxima Separación Experimental de Seguridad

Issue March 22 1995
kla 957122A4 DOC/5

condiciones marginales: composición estática, presión ambiente,
temperatura ambiente


separaciónes de extinción de llama
penetración de llama
limite de penetración de llam
MESG
sin penetración de llama
mezcla más explosiva
V - % de volumen de gas/vapor en la mezcla con aire

penetración de llama desde el volumen esférico „interno" (pequeño) al volumen „externo" (mayor) de cámara del aparato de ensayos de la MESG observado desde la mirilla

condiciones marginales: composición estática, presión ambiente,
temperatura ambiente

Figure 8

MESG - Máxima Separación Experimental de Seguridad

issue: March 22, 1995
kla 957122A5.DOC/4

anchura en función de la longitud de separación de extinción de llama

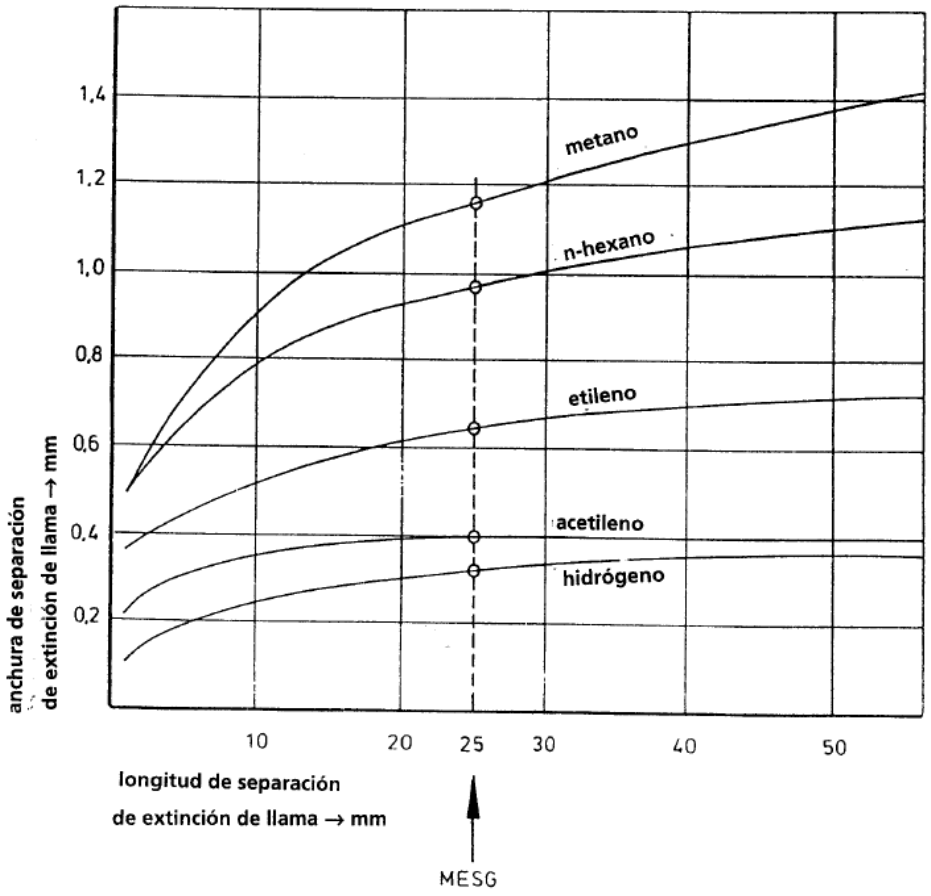


Figure 9

PROTEGO

5. Medidor de MESG

El conocimiento técnico de vital importancia, según se describe en el punto 4., relativo a la separación de extinción de llama, ha dado lugar al desarrollo del medidor MESG por parte del **PTB** (**P**hysikalisch-**T**echnische **B**undesanstalt), es decir, Instituto Físico-Técnico Federal. Este medidor de MESG, reconocido universalmente, ha quedado definido y normalizado de esta forma (IEC 79-2). *ver fig. 10*

El componente esencial de este medidor de MESG normalizado internacionalmente es una caja hermética a la presión. En el espacio interior, un volumen esférico se regula y compone de dos piezas semiesféricas moldeadas por fundición, que forman un intersticio o paso anular. La distancia entre las dos piezas moldeadas se conoce como anchura de separación. Esta anchura de separación puede ser ajustada desde el exterior mediante un tornillo micrométrico. El volumen esférico constituido por las dos piezas moldeadas se conecta con el volumen externo dentro de la caja a través del intersticio anular. Todo el espacio interior , incluyendo el paso anular y el volumen esférico interno se llena con la mezcla a ser ensayada bajo temperatura y condiciones de presión ambiente (condiciones de laboratorio). Después, la mezcla se inflama dentro del volumen esférico con una chispa eléctrica determinada. La explosión resultante dentro del volumen esférico se propaga a través del paso anular al volumen exterior. A través de la mirilla se puede controlar la explosión secundaria resultante.

Al reducir la distancia entre las piezas moldeadas se consigue una separación definida a través de la cual no resulta posible la penetración de las llamas. La MESG se establece para la mezcla más inflamable que se aproxime a la composición estequiométrica.

La clasificación de gases o mezclas de productos vapor/aire inflamables de acuerdo con la MESG permite catalogar los distintos apagallamas a prueba de explosiones y detonaciones por distintos diámetros con una MESG específica. Se podrá utilizar un apagallamas determinado con MESG específica con aquellos productos que tienen una MESG igual o mayor que la definida para el apagallamas.

Medidor de la MESG desarrollado por el PTB

issue March 22, 1995
kla 957122A6.DOC/4

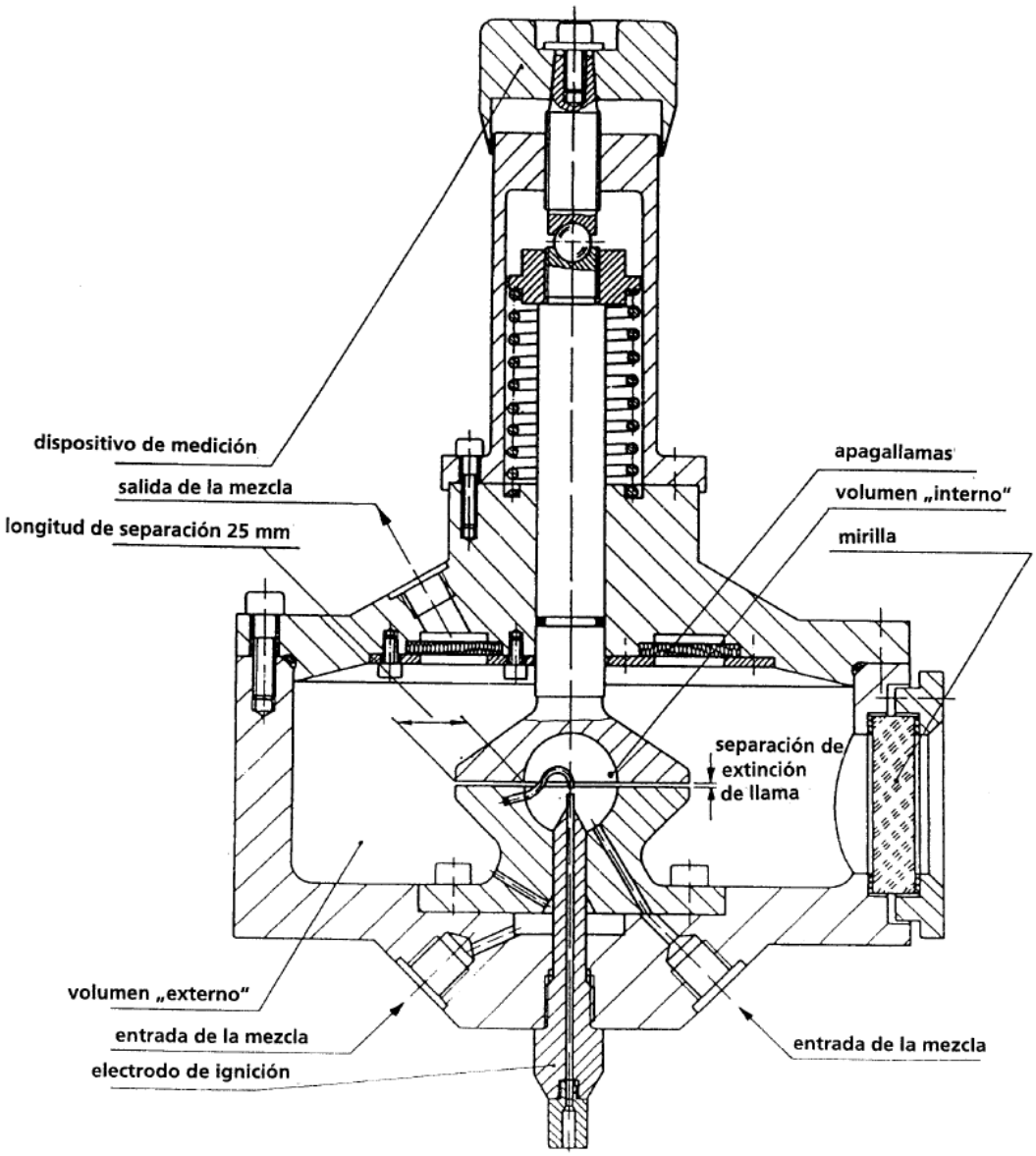


Figure 10

PROTEGO

6. Diseño, función y gama de aplicación de los apagallamas

En función de las condiciones operativas individuales resultan posibles distintos procesos de combustión, tales como deflagraciones, detonaciones y combustiones prolongadas. Esto requiere la utilización de apagallamas adecuados y recomendados para cada situación particular, es decir, apagallamas a prueba de deflagración, detonación y combustión prolongada. Salvo por lo que respecta a dispositivos excepcionalmente pequeños para aplicaciones especiales, la tecnología actual no permite la producción de apagallamas de uso general, es decir, dispositivos que evitan la penetración de llama en todos los procesos de combustión posibles.

Los motivos son los siguientes:

Los apagallamas para la protección contra explosiones, deflagraciones, detonaciones y combustiones prolongadas tienen detalles de construcción (diseño) muy distintos, que derivan de las condiciones particulares de aplicación y las tensiones o esfuerzos causados por los diversos procesos de combustión.

6.1 Frenos de llamas

Uno de los componentes más importantes de un apagallamas es el denominado freno de llamas, un elemento que detiene la propagación de llamas durante explosiones, detonaciones y combustiones prolongadas. Actualmente existe una serie completa de construcciones muy distintas, que pueden ser utilizada como frenos de llamas. En términos generales, cabe distinguir entre frenos de llamas estáticos y dinámicos. A su vez, los frenos de llamas estáticos se subdividen en frenos de llamas secos y líquidos.

6.1.1 Frenos de llamas estáticos de tipo seco: filtros (discos) apagallamas

La mayor parte de los apagallamas aplicados hoy en día están equipados de frenos de llamas estáticos de tipo seco o filtros de llamas. El principio que las llamas ya no queman y se extinguen en diminutos intersticios dio lugar a la invención de estos elementos. Existen frenos de llamas de tipo seco tales como tamices de malla fina, dispositivos con filtros de placas, metales sinterizados y los denominados filtros de llama del tipo de *cinta rizada* (o discos apagallamas).

Por lo general, es obligado que la anchura del paso o intersticio sea reproducible. Esto significa que es preciso poder fabricar los discos de filtros antillama con tolerancias muy estrictas y anchuras de paso exactamente idénticas. Esto no se consigue con filtros de llamas producidos con lana metálica, espuma metálica o malla reticulada - actualmente aún usados en algunos casos. Los dispositivos equipados con dichos frenos de llama no se ajustan a los requisitos actuales de seguridad.

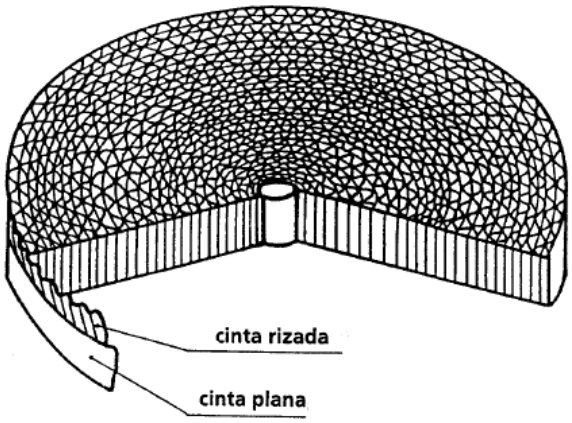
Las telas metálicas simples en forma de pantallas de seguridad de Davy se destruyen, frecuentemente, en el instante de ser expuestas a las relativamente inocuas explosiones atmosféricas , ya que son consumidas por las llamas de explosión. Por este motivo, estas pantallas antillamas resultan del todo insuficientes.

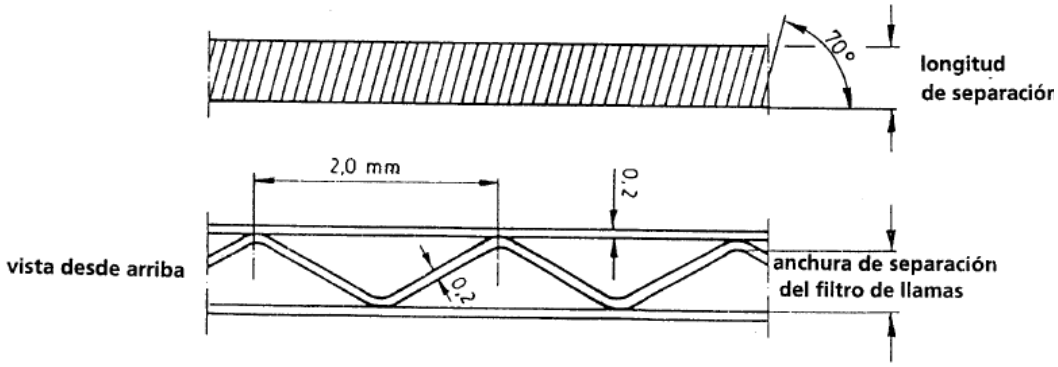
Hoy en día se utilizan, ante todo, frenos de llamas estáticos de tipo seco, los denominados filtros de llama del tipo cinta rizada (discos apagallamas) , ya que pueden ser fabricados con intersticios de extinción de llama muy *reproducibles* y dado que resulta muy sencillo ajustar la anchura de intersticio del filtro antillamas a la capacidad de penetración de llama del producto en particular (máxima separación experimental de seguridad = MESG).

ver fig. 11

Filtro de llamas PROTEGO

issue March 22, 1995
kla 957122A7 DOC/4





anchuras habituales de separación del filtro de llamas

≤ 0,7 mm
≤ 0,5 mm
≤ 0,3 mm
≤ 0,2 mm

Figure 11

PROTEGO

Los discos apagallamas se fabrican al enrollar sendas cintas plana y rizada de acero especial y resistente a temperaturas elevadas. La anchura de intersticio (profundidad o altura de rizo) varía y puede ser ajustada fácilmente a las distintas capacidades de penetración de llama de cada mezcla en particular. Actualmente, las anchuras patrón de intersticio de los discos apagallamas PROTEGO son 0,15, 0,20, 0,30, 0,50, 0,70 y 0,90 mm.

Según sea la aplicación de los apagallamas (a prueba de explosión, detonación o combustión prolongada), se toman dos, tres o más (hasta diez) discos apagallamas en combinación con una estructura envolvente para mejorar la resistencia mecánica y constituir un completo apagallamas. *ver fig. 12*

Filtro de llamas PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 957122A8 DOC/4

Filtro de llamas (discos apagallamas)

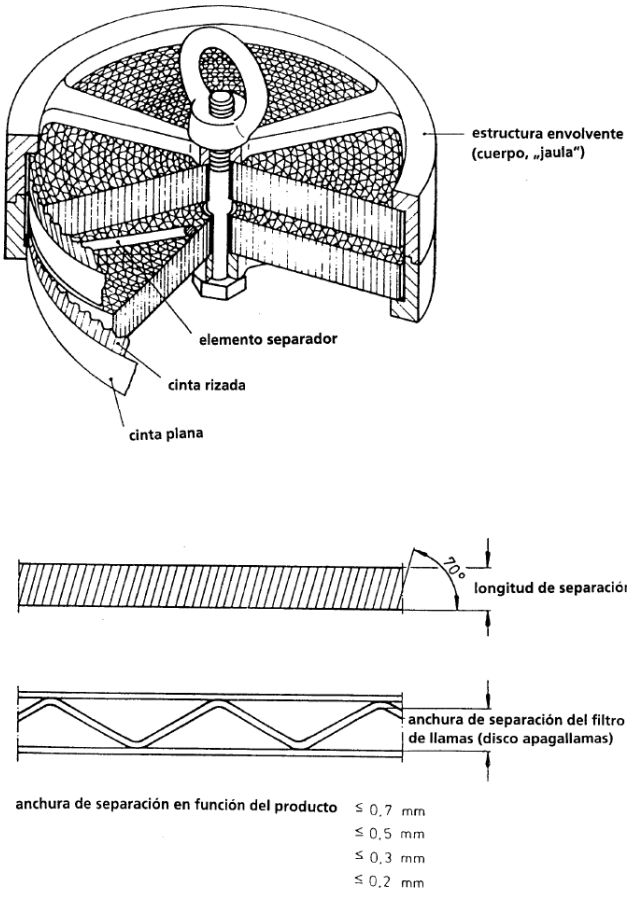


Figure 12

PROTEGO

6.1.2 Frenos de llamas estáticos de tipo sello líquido (sifón)

Los frenos de llamas estáticos de tipo líquido son los denominados sellos líquidos o "knock-out drums", que operan según el principio del sifón líquido. Aquí, el líquido obturador detiene las llamas incidentes (deflagraciones, detonaciones) con lo que impide una penetración de llama. *ver fig. 13*

La estructura básica de un freno de llamas que opera según el principio del sifón líquido se ilustra en la fig. 13. Cabe distinguir dos sistemas:

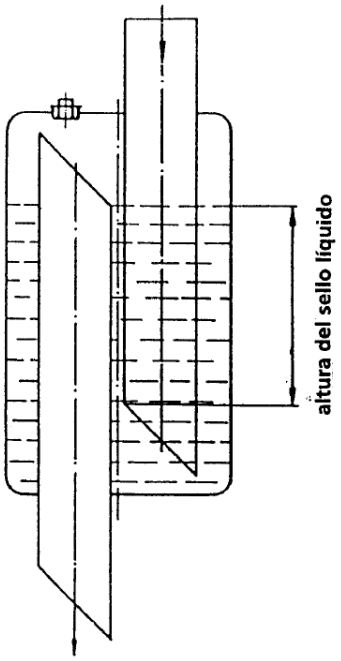
En el sistema ilustrado en la fig. 13/A el medio real de circulación se emplea como líquido obturador y apagallamas. Esto se aplica siempre en los frenos de llamas utilizados en conductos llenos de líquido (tales como tuberías de llenado y vaciado). Esto significa, por ejemplo, el uso de gasolina/petróleo como líquido obturador, que opera como freno de llamas. La ausencia de oxígeno después de una explosión o detonación impide una ignición del líquido obturador inflamable. Estos frenos de llamas del tipo sello líquido, que usan un medio inflamable como líquido obturador, sólo pueden ser aplicados cuando existe la posibilidad de una deflagración o detonación, pero no de un combustión prolongada.

El sistema mostrado en la fig. 13/B se adopta para mezclas de vapor/aire, en especial frente a incineradores o antorchas de combustión de gases residuales. Muestra un "knock-out drum" (sifón), que, por lo general, utiliza un líquido obturador ininflamable, habitualmente, agua. La mezcla burbujea a través de dicho líquido. En el caso de un retroceso de llamas, las llamas son detenidas por el líquido obturador y apagadas debido a la ausencia de oxígeno.

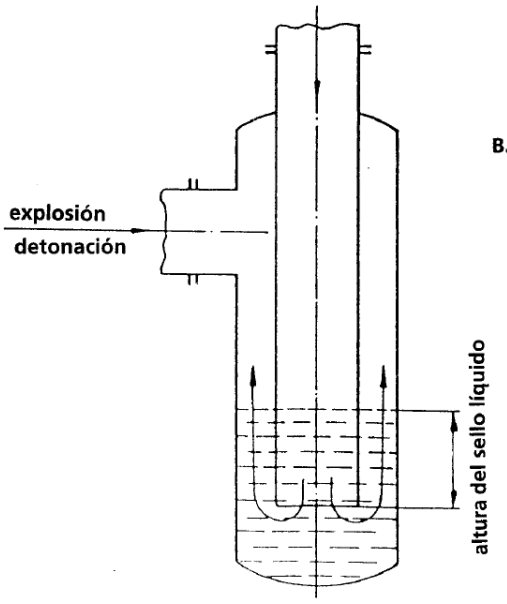
Las descripciones mostradas en la fig. 14 constituyen bocetos del principio general. En la práctica, estas construcciones se encuentran equipadas con una gran cantidad de dispositivos de control y resultan mucho más complicadas. *ver fig. 14*

Freno de llamas del tipo sello líquido

Issue: March 22, 1995
kla 957122AA.DOC/4



A. ilustración simplificada de un sello líquido para tuberías de llenado



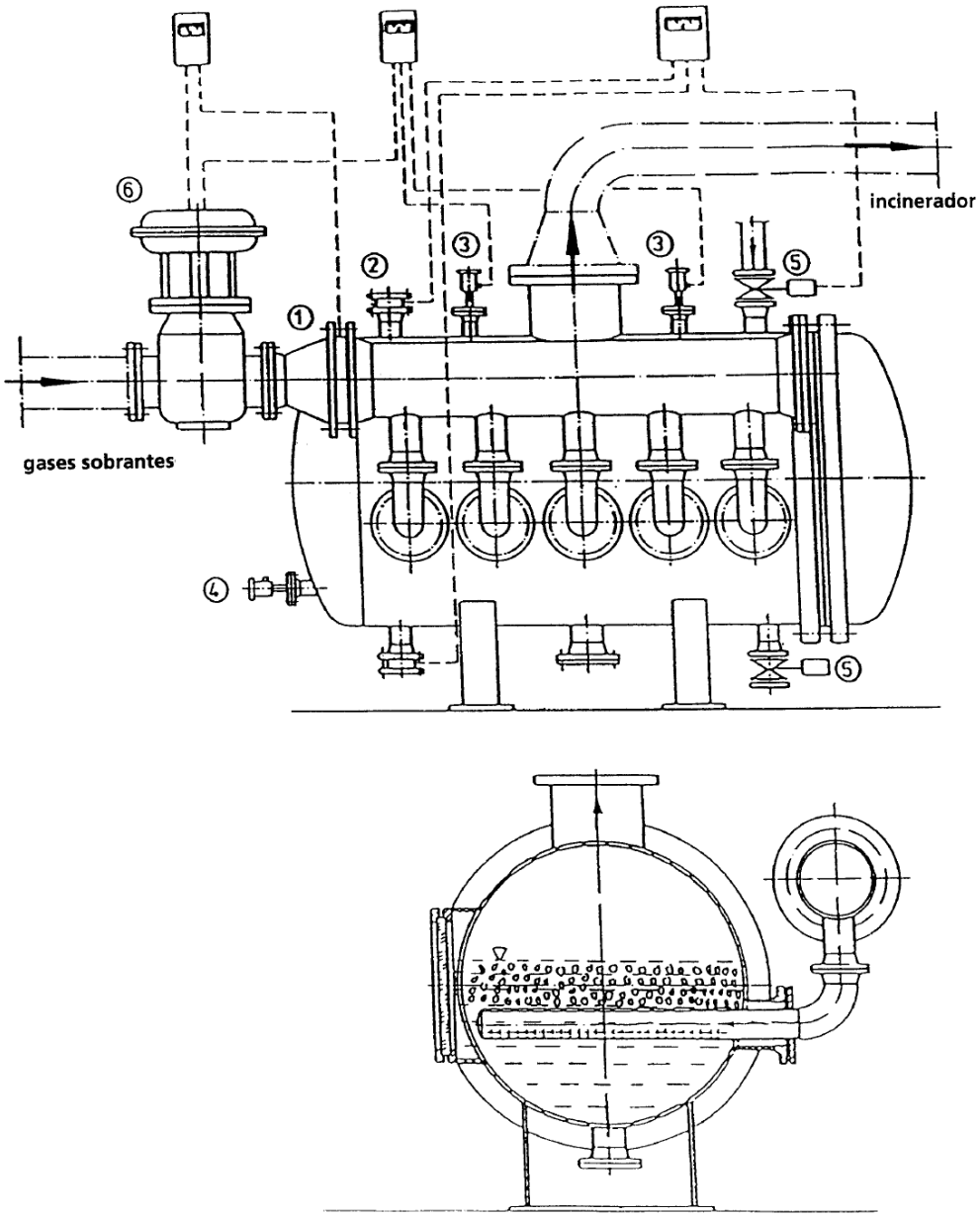
B. ilustración simplificada de un sello líquido para tuberías de gases

Figure 13

Freno de llamas del tipo sello líquido („knock-out-drum")

Issue: March 22, 1995
kla 957122AC.DOC/4

a prueba de detonación, combustión prolongada y explosión



1 control de caudal
2 control de nivel
3 control de temperatura (vapor)
4 control de temperatura del líquido obturador (agua)
5 regulación del nivel de agua
6 válvula ultrarápida de cierre

Figure 14

PROTEGO

6.2 Frenos de llamas dinámicos

El principio básico de un frenos de llamas dinámico estriba en que las mezclas explosivas deben tener una velocidad de descarga muy superior a la de propagación de la llama.

Esto permite la aplicación de frenos de llamas dinámicos, en especial para válvulas compensadoras de presión con elevados puntos de consigna, que producen altas velocidades de descarga. La válvula debe cerrarse (reasentarse) con una distancia de seguridad adecuada antes que la velocidad de descarga del medio de salida haya disminuido y alcanzado un valor crítico.

En incineradores y antorchas de combustión de gases residuales, la alimentación a prueba de retroceso de las llamas de mezclas de gas/aire desde la cámara de combustión se consigue con un quemador de tobera. En estas instalaciones las velocidades de alimentación se mantienen muy por encima de la velocidad de propagación de llama de la mezcla que quema (el llamado quemador de alta velocidad).

Los distintos tipos de frenos de llamas tienen sus ventajas y desventajas, así como sus límites de aplicación. Debe indicarse, nuevamente, que el apagallamas estático en forma de un disco o filtro de llamas - el verdadero elemento apagallamas - brinda la mayor gama de posibilidades de aplicación. Esto se desprende de la descripción a continuación de posibles aplicaciones de distintos apagallamas a prueba de explosión, detonación y combustión prolongada.

6.3 Apagallamas a prueba de explosiones

Para el diseño de apagallamas a prueba de explosiones es decisivo conocer para qué aplicación específica se deben utilizar. Esto depende del tipo de explosión que pueda producirse (atmosférica, volumétrica, deflagración, explosión en conducto, detonación).

6.3.1 Apagallamas a prueba de explosiones de fin de línea

Como ya se citó, los apagallamas a prueba de explosión en fin de línea deben estar diseñados para evitar la penetración de las llamas durante explosiones atmosféricas.

Un ejemplo de aplicación típica de un apagallamas a prueba de explosión en fin de línea es la válvula compensadora de vacío ilustrada en la fig. 15. Cuando existe una sobrepresión en el depósito, el plato de válvula está cerrado. Por consiguiente, las mezclas no pueden escaparse y se evita una situación de combustión prolongada. Sin embargo, debe garantizarse que ninguna llama cruce la válvula y penetre en la zona de la instalación a ser protegida durante una explosión atmosférica. Esto se consigue mediante el dispositivo de filtro de llamas (apagallamas estático de tipo seco). Las válvulas compensadoras de vacío diseñadas para ser aplicadas como apagallamas de fin de línea no deben ser utilizadas sin incorporar un plato de válvula. El plato de válvula desempeña una función operativa, así como técnica de seguridad, ya que impide la descarga de mezclas con lo que se evitan combustiones prolongadas.

ver fig. 15

6.3.2 Apagallamas de explosiones volumétricas

Los apagallamas para explosiones volumétricas están diseñados y aprobados para volúmenes específicos. Esto significa que los dispositivos citados sólo proporcionan seguridad en condiciones prácticamente equivalentes a las del ensayo original (tamaño y tipo de volumen de explosión y tamaño de abertura).

ver fig. 2

En la fig. 2 se ilustra un ejemplo del diseño general de un dispositivo de contención de explosión en volumen cerrado. Los elementos más esenciales son dos, tres o más discos apagallamas, que, junto con el cuerpo del equipo, forman un apagallamas completo y protegen el exterior.

Válvula de vacío PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 957122AD.DOC/4

Apagallamas de fin de línea combinado con válvula de vacío

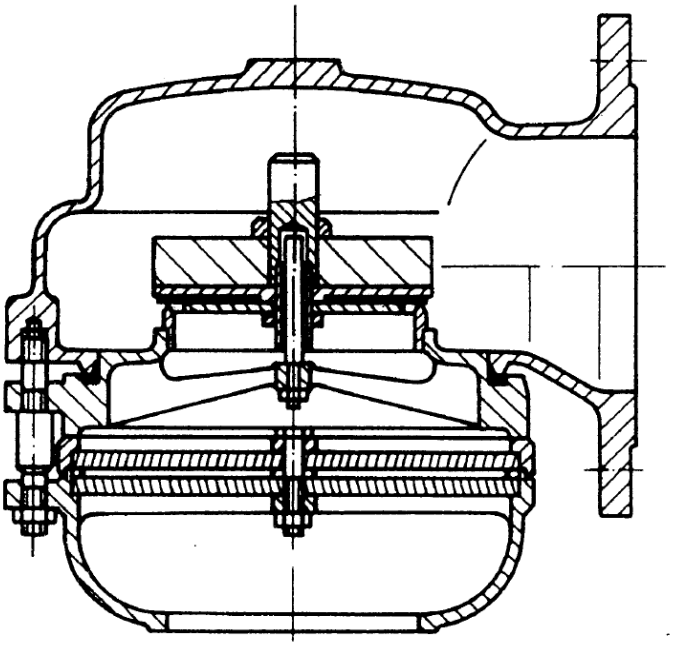


Figure 15

6.3.3 Apagallamas a prueba de explosiones en conductos

El diseño típico de un apagallamas a prueba de explosiones en conductos puede verse en la fig. 16. El dispositivo se compone de un cuerpo resistente a la presión de explosión y de un apagallamas, que, a su vez, está formado por dos o tres discos filtros de llamas y, según modelo, el cuerpo envolvente o "jaula". *ver fig. 16*

También aquí la anchura de paso del disco apagallamas debe ser ajustado a la MESG, es decir, a la capacidad de penetración de las llamas del producto a ser protegido. Por ello, únicamente se permite aplicar apagallamas para gases con una MESG mayor/igual a la de la MESG más pequeña posible citada en *el informe o certificado de prueba* del apagallamas seleccionado (se debe tener en cuenta el diámetro del equipo).

Con los apagallamas a prueba de explosión en conductos se deben observar, escrupulosamente, las condiciones de aplicación, a efectos de garantizar que sólo se producirán velocidades de propagación de llama y presiones de explosión para los que han sido probados y autorizados los dispositivos en cuestión. Si no se pueden cumplir las condiciones de instalación mencionadas en el certificado de prueba , resulta preciso consultar al fabricante para recabar más detalles. Además, los apagallamas a prueba de explosión en conductos sólo pueden ser instalados cuando las condiciones de operación excluyen la posibilidad de una situación de combustión prolongada, dado que estos apagallamas no proporcionan una protección suficiente contra la penetración de las llamas debido a su duración limitada en incendios de larga duración o combustiones prolongadas. En las condiciones de operación en las que resulte previsible que las mezclas sigan ardiendo dentro del apagallamas, los dispositivos en cuestión deben ser equipados con un sistema de control de temperatura, según se muestra en la fig. 17. En el caso de presencia de llamas en el interior del apagallamas, el sistema de control emitirá una señal para desconectar la operación, conmutar a función de espera o activar el tratamiento con gas inerte. *ver fig. 17*

Los apagallamas a prueba de explosión en conductos o apagallamas de deflagración se aplican, principalmente, en incineradores y antorchas de combustión de gases residuales.

Apagallamas a prueba de deflagraciones PROTEGO

Issue: March 22, 1995
kla 957122AE.DOC/4

Apagallamas en línea, a prueba de explosiones

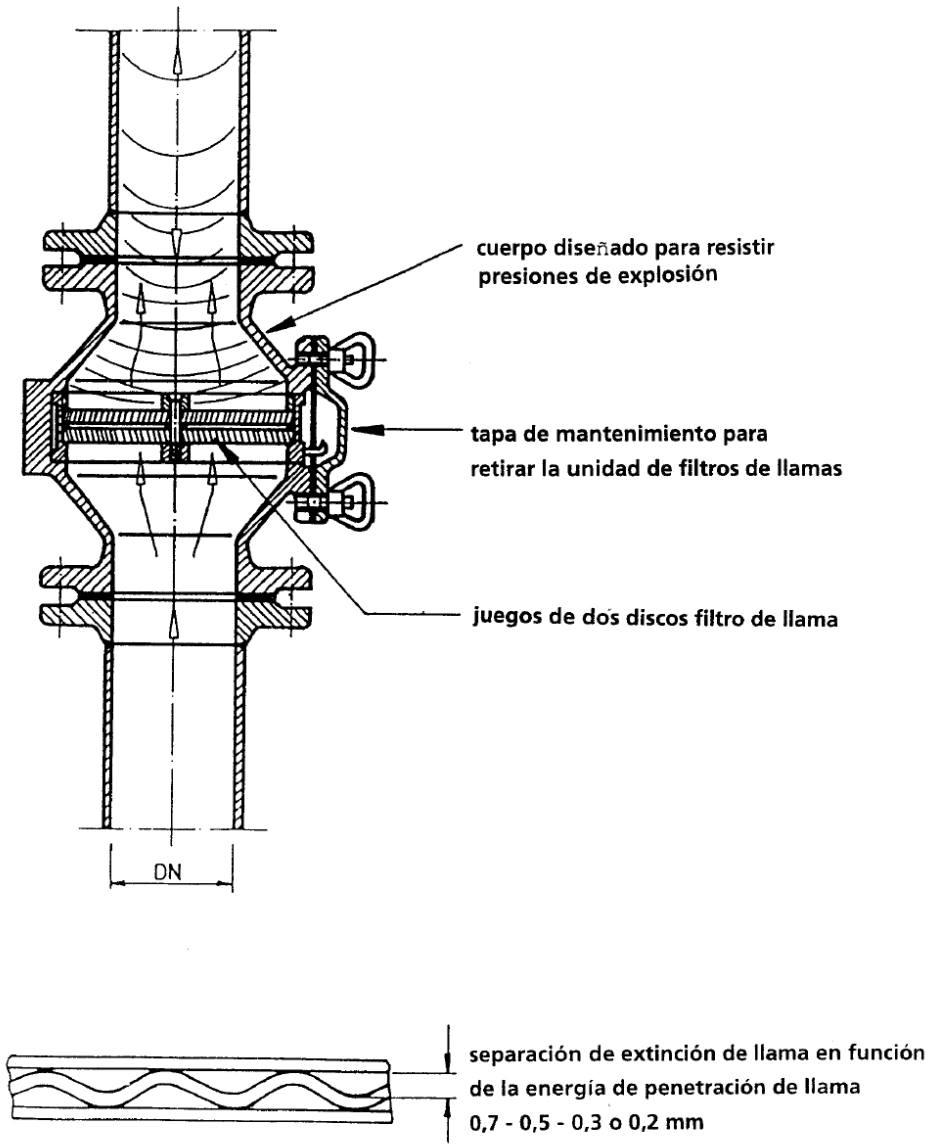

cuerpo diseñado para resistir
presiones de explosión
tapa de mantenimiento para
retirar la unidad de filtros de llamas
juegos de dos discos filtro de llama
DN
separación de extinción de llama en función
de la energía de penetración de llama
0,7 - 0,5 - 0,3 o 0,2 mm

Figure 16

PROTEGO

Apagallamas a prueba de deflagraciones PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 957122AF.DOC/5

Apagallamas en línea, a prueba de explosiones, combinado con sensor de temperatura

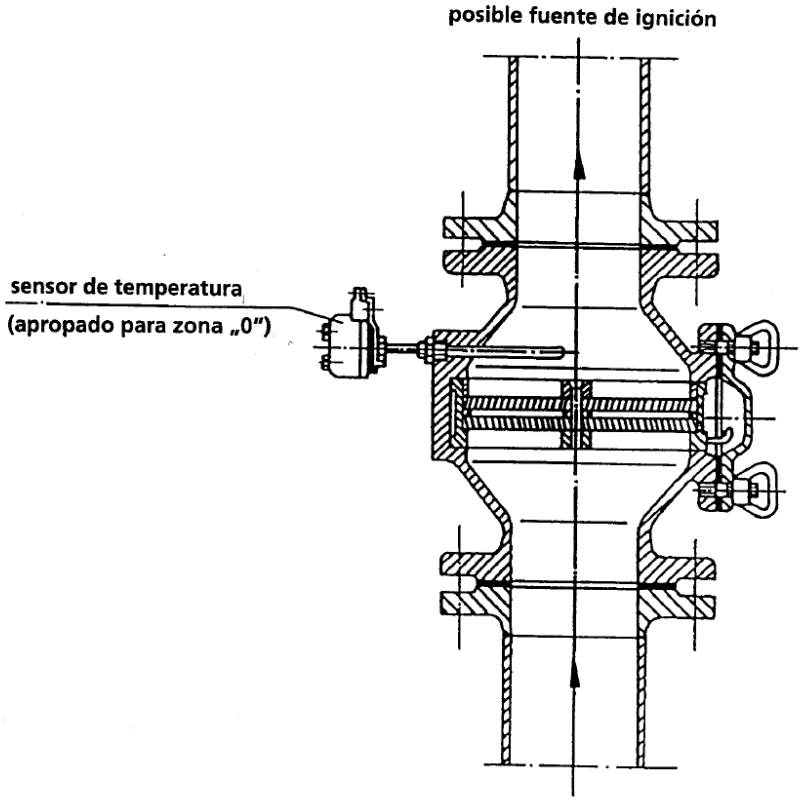


Figure 17

PROTEGO

6.4 Apagallamas a prueba de detonaciones

6.4.1 Apagallamas a prueba de detonaciones con filtro de llamas

Para el diseño de apagallamas a prueba de detonaciones resulta razonable colocar un amortiguador de detonaciones delante del filtro de llamas propiamente dicho. La finalidad de este amortiguador es reducir la alta presión, así como la energía dinámica y escindir el frente de llamas antes de que alcance al filtro de llamas. *ver fig. 18*

En términos sencillos, el "amortiguador de detonaciones" se emplea para transformar una detonación en explosión con una menor energía de penetración de llama antes de incidir en el filtro apagallamas. Finalmente, las llamas de la explosión se apagan totalmente en los intersticios de los discos apagallamas. El apagallamas a prueba de detonaciones arriba descrito se compone de un cuerpo resistente a la presión de detonación, un conjunto de tres o más discos o filtros apagallamas dentro de un cuerpo o "jaula" y un amortiguador de detonaciones en la parte anterior.

Antes de proceder a la instalación, se debe verificar que el apagallamas a prueba de detonaciones se coloca con el amortiguador encarado al posible punto de ignición. En el otro sentido sólo se impedirán las explosiones.

En aplicaciones especiales, cabe esperar el desarrollo de detonaciones en ambos extremos de conexión. Para esos casos existen apagallamas bidireccional a prueba de detonaciones.

Los apagallamas a prueba de detonaciones proporcionan protección contra la penetración de llama en todo tipo de explosiones y detonaciones, pero no en el caso de una situación de combustión prolongada (incendio duradero). Por ello, siempre que se utilicen apagallamas a prueba de detonación, cabe asegurarse que no se producirá una situación de combustión prolongada durante la operación.

Esto se puede conseguir, por ejemplo, si se instala un conducto lo suficientemente largo entre el apagallamas a prueba de detonaciones y el punto de ignición, de forma que se produzca una detonación y se evite una combustión prolongada.

Cuando no se puede excluir el desarrollo de una situación de combustión prolongada, esos apagallamas a prueba de detonaciones deben estar equipados, adicionalmente, con un termopar. Cuando existen llamas en el interior del apagallamas, el termopar emite una señal para detener la operación, conmutar a situación de espera o activar el gas inerte.

Los apagallamas a prueba de detonaciones con filtros de llamas se pueden usar en conductos llenos de vapor/aire y líquido (tuberías de llenado y vaciado). Por supuesto, la pérdida de carga en conductos llenos de líquido es relativamente elevada debido a la forma de construcción de los filtros apagallamas. Salvo por lo que respecta a productos muy limpios con una viscosidad extremadamente baja o caudales muy reducidos, se recomienda instalar, por lo general, un apagallamas a prueba de detonación de tipo sello líquido, tal y como se describe a continuación.

Apagallamas a prueba de detonaciones PROTEGO

issue March 22, 1995
kla 957122B0.DOC/4

Apagallamas en línea, a prueba de detonaciones

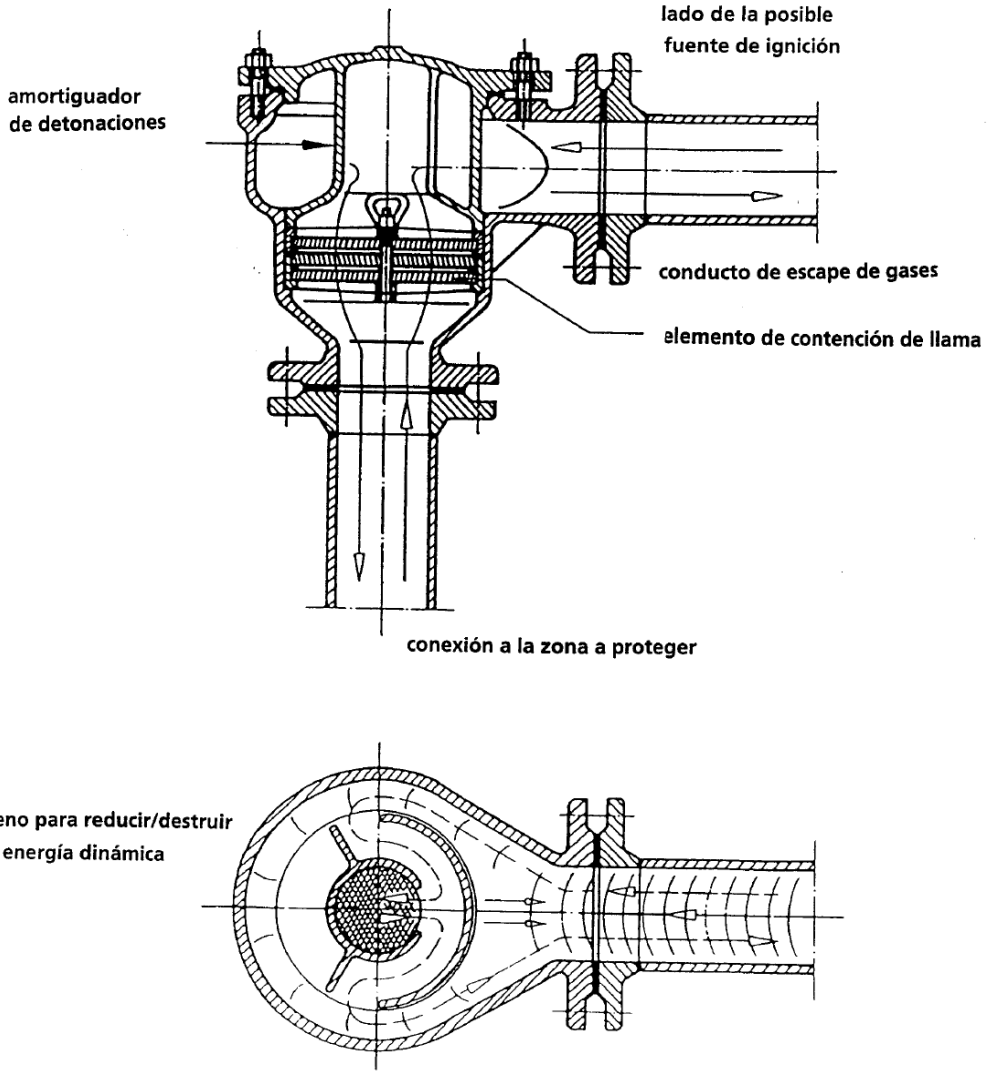


Figure 18

6.4.2 Apagallamas a prueba de detonaciones de tipo sello líquido

Como ya se comentó, los apagallamas de detonaciones con frenos de llamas de tipo líquido se dividen en dos sistemas: para aplicación en conductos de transporte de líquidos inflamables y para conductos con vapores de productos o mezclas de gases.

6.4.2.1 Apagallamas a prueba de detonaciones de tipo sello líquido para conductos de llenado y vaciado

Los conductos de llenado y vaciado de depósitos de líquidos inflamables deben ser protegidos con un dispositivo de contención de detonaciones si no se puede garantizar que, durante la operación, las tuberías estén permanentemente cargadas con el producto. Si existe la posibilidad que se pueda desarrollar una mezcla de vapor/aire debido a las condiciones actuales de operación, se recomienda utilizar un apagallamas a prueba de detonación de tipo sello líquido.

Tal y como sucede con los apagallamas de tipo seco, también resulta razonable instalar un amortiguador de detonaciones en los de tipo líquido. Este amortiguador permite reducir la elevada energía de una detonación. En caso contrario, el nivel del líquido obturador no alcanzaría el margen de seguridad.

Los apagallamas a prueba de detonaciones de tipo líquido se dividen en apagallamas exclusivos para tuberías de llenado, (ver fig. 19), y dispositivos indistintos para tuberías de llenado y vaciado (ver fig. 20). Además, los apagallamas se pueden usar para una instalación externa o interna. Los apagallamas a prueba de detonaciones de tipo líquido para tuberías de llenado e instalación externa e interna son de construcción comparativamente simple y casi no requieren mantenimiento.

ver fig. 19
ver fig. 20

Los apagallamas a instalar en conductos combinados de llenado y vaciado deben llevar una válvula rompedora del vacío para asegurar que el líquido obturador no sea eliminado por la aspiración de la bomba. A través de esta derivación, la mezcla de vapor/aire es aspirada al interior cuando el depósito está vacío. De esta forma se mantiene el nivel del líquido obturador.

La capacidad de la bomba no deberá superar la capacidad máxima de paso de la válvula rompedora del vacío, ya que de lo contrario se vería afectada la altura del líquido obturador.

Apagallamas PROTEGO de tipo sello líquido a prueba de detonaciones

issue: March 22, 1995
kla 95712281 DOC/4

únicamente para conductos de llenado

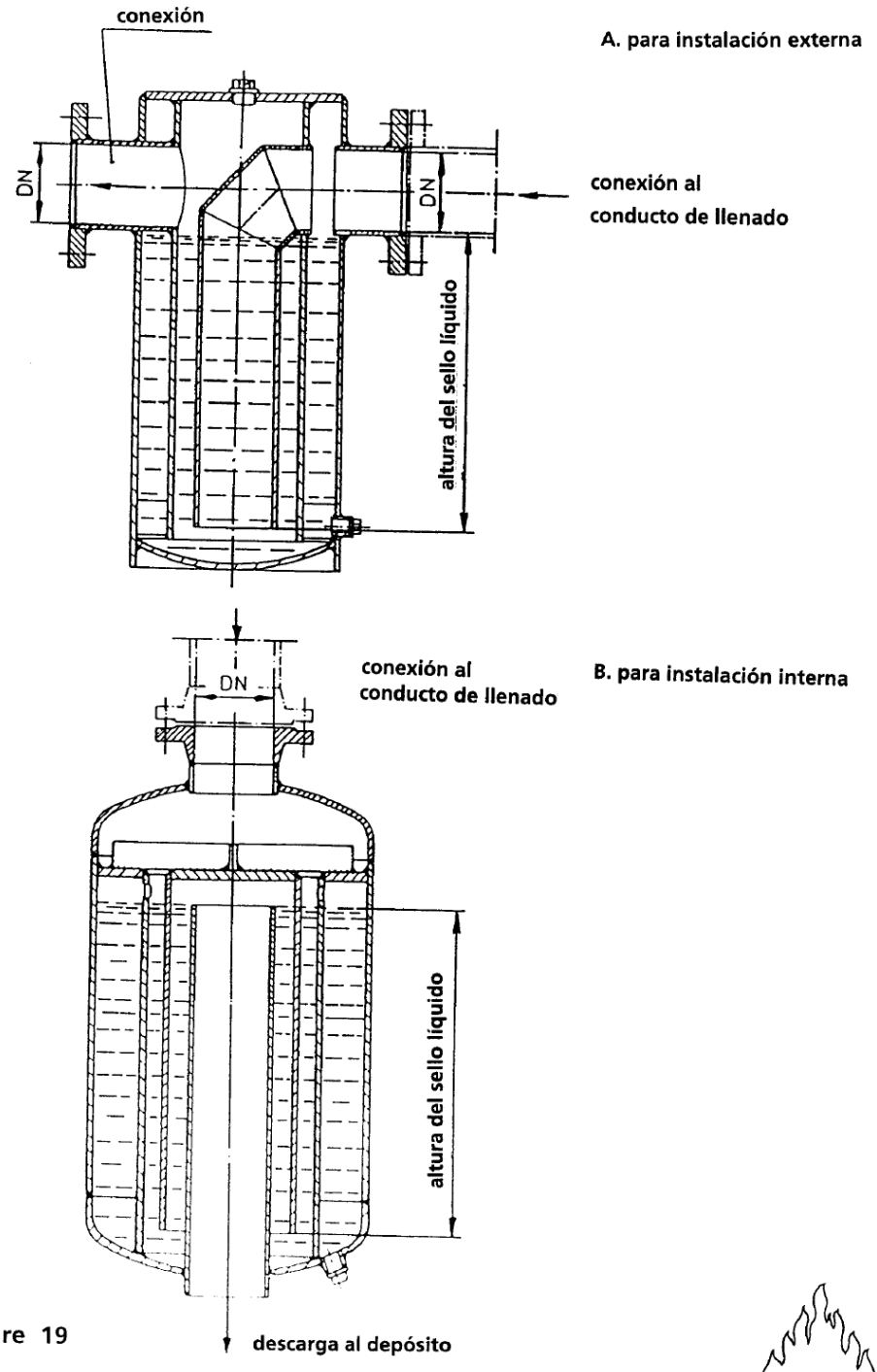


Figure 19

PROTEGO

Apagallamas PROTEGO de tipo sello líquido a prueba de detonaciones

issue: March 22, 1995
kla 957122B3.DOC/4

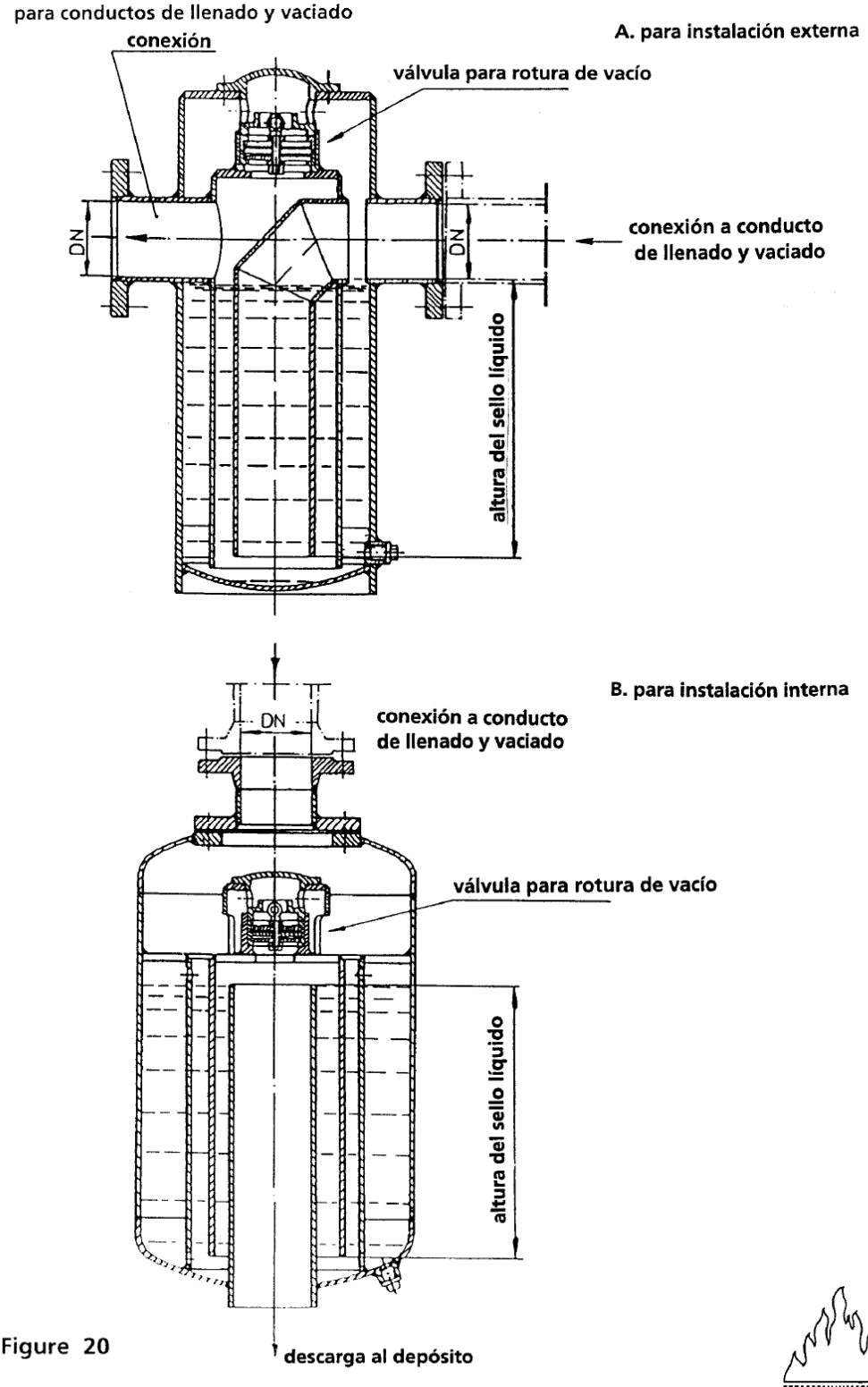


Figure 20

PROTEGO

6.4.2.2 Válvulas de pie para conductos de aspiración

Además, existen válvulas de pie especiales a prueba de detonaciones para proteger tuberías de vaciado. Estos dispositivos constituyen una combinación de frenos de llama del tipo seco y líquido. La ventaja de estas válvulas de pie a prueba de detonaciones durante la operación radica en el hecho que las tuberías de aspiración entre válvula y bomba permanecen llenas. Esto facilita el recebado de la bomba para bajos NPSH. Cuando una detonación alcanza la válvula, el cono de válvula a prueba de presión y el líquido obturador adicional impiden, claramente, la penetración de llamas.

ver fig. 21

Válvula de pie PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 95712284.DOC/4

Válvula de pie a prueba de detonaciones para conductos de aspiración

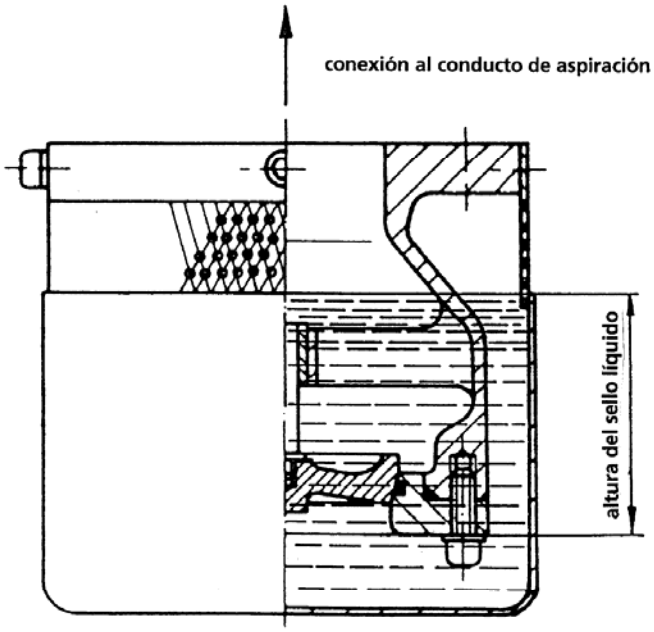


Figure 21

PROTEGO

6.5 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas

Para impedir la penetración de llamas en los casos de combustiones prolongadas existen frenos de llamas estáticos y dinámicos.

6.5.1 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas con freno de llamas estático de tipo seco

Como ya resaltado, los apagallamas a prueba de combustión prolongada (incendios de larga duración) siempre se aplican para la ventilación directa de depósitos a la atmósfera donde existe la posibilidad de una explosión. Un ejemplo significativo del empleo de estos apagallamas es la protección de un venteo correspondiente a un depósito de almacenamiento de superficie. Normalmente, estos dispositivos son venteos o válvulas de presión/vacío. Sin embargo y desde el punto de vista técnico de seguridad ambos dispositivos son equivalentes.

ver fig. 22
ver fig. 23

Se emplean los venteos directos cuando las pérdidas por evaporación no revisten importancia y se aplican válvulas de presión/vacío cuando las pérdidas por evaporación del producto almacenado deben ser limitadas al máximo o cuando las emisiones deben ser reducidas al mínimo por motivos económicos y de protección ambiental.

La construcción básica de un venteo se ilustra en las figs. 22 y 23. Los componentes esenciales son el cuerpo y el freno de llamas. Para no exponer el filtro de llamas a las inclemencias climáticas y evitar la penetración de agua de lluvia y otras sustancias extrañas en el depósito, el filtro de llamas está cubierto con una caperuza protectora contra la intemperie. En el caso que la caperuza protectora estuviese anclada firmemente, la ignición de gases de evacuación daría lugar a una acumulación de calor debajo de la misma, lo que, a su vez, provocaría el calentamiento del filtro de llamas hasta tal punto que ya no podría impedir la penetración de llamas. Por este motivo, se requiere un elemento fusible junto con una tapa abatible, lo que permite también un control conveniente del funcionamiento y el mantenimiento del filtro de llamas.

Cuando se inflama las mezcla efluente, el elemento fusible se funde en un tiempo mínimo y provoca la apertura de la caperuza debido a la acción de un muelle o un contrapeso (para dispositivos de tamaño superior a DN 100 = 4 pulgadas). La superficie del filtro de llamas queda al descubierto y permite la liberación de calor. Esta liberación de calor es uno de los factores más importantes, ya que proporciona una seguridad suficiente contra la posible penetración de llamas causada por la combustión prolongada de mezclas gaseosas.

Por ello, los apagallamas a prueba de combustiones prolongadass deben ser instalados de forma que permitan la apertura sin trabas de la caperuza. Además, resulta importante que no se coloquen otros elementos (conductos, etc.) en las inmediaciones, ya que, en caso de ignición, las llamas podrían calentar dichos apagallamas hasta alcanzar temperaturas inadmisibles. Cuando se instalan en paralelo apagallamas a prueba de combustiones prolongadas, se debe garantizar la observación de una determinada distancia de seguridad para asegurar que no se produzca un incremento inadmisible de la temperatura durante las operaciones de quema.

Desde el punto de vista técnico de seguridad, y como ya se dijo, las válvulas de presión a prueba de explosiones y de combustiones prolongadas, o bien, las válvulas combinadas de presión/vacío y los venteos directos resultan equivalentes.

La fig. 24 refleja una válvula de presión a prueba de explosiones y combustiones prolongadas. Los elementos técnicos de seguridad coinciden de forma absoluta con los del venteo ilustrado en las figs. 22 y 23. Debajo del filtro de llamas se encuentra instalada una válvula, en este caso una válvula de presión por peso. En tanto no se alcance el punto de consigna no existe descarga de gases. Sólo cuando una presión de servicio supera el punto de consigna de la válvula se descargan vapores de producto, o mezclas de gases. *ver fig. 24*

La fig. 25 exhibe una válvula combinada de presión/vacío, cuyos elementos técnicos de seguridad resultan equivalentes, a su vez, a los del venteo descrito en las figs. 22 y 23. Esto permite tanto la ventilación de entrada como de salida cuando se alcanzan determinados valores de vacío y de presión, respectivamente. *ver fig. 25*

Venteo con apagallamas PROTEGO

issue March 22, 1995
kla 95712285.DOC/4

Venteo de fin de línea a prueba de combustiones prolongadas y explosiones

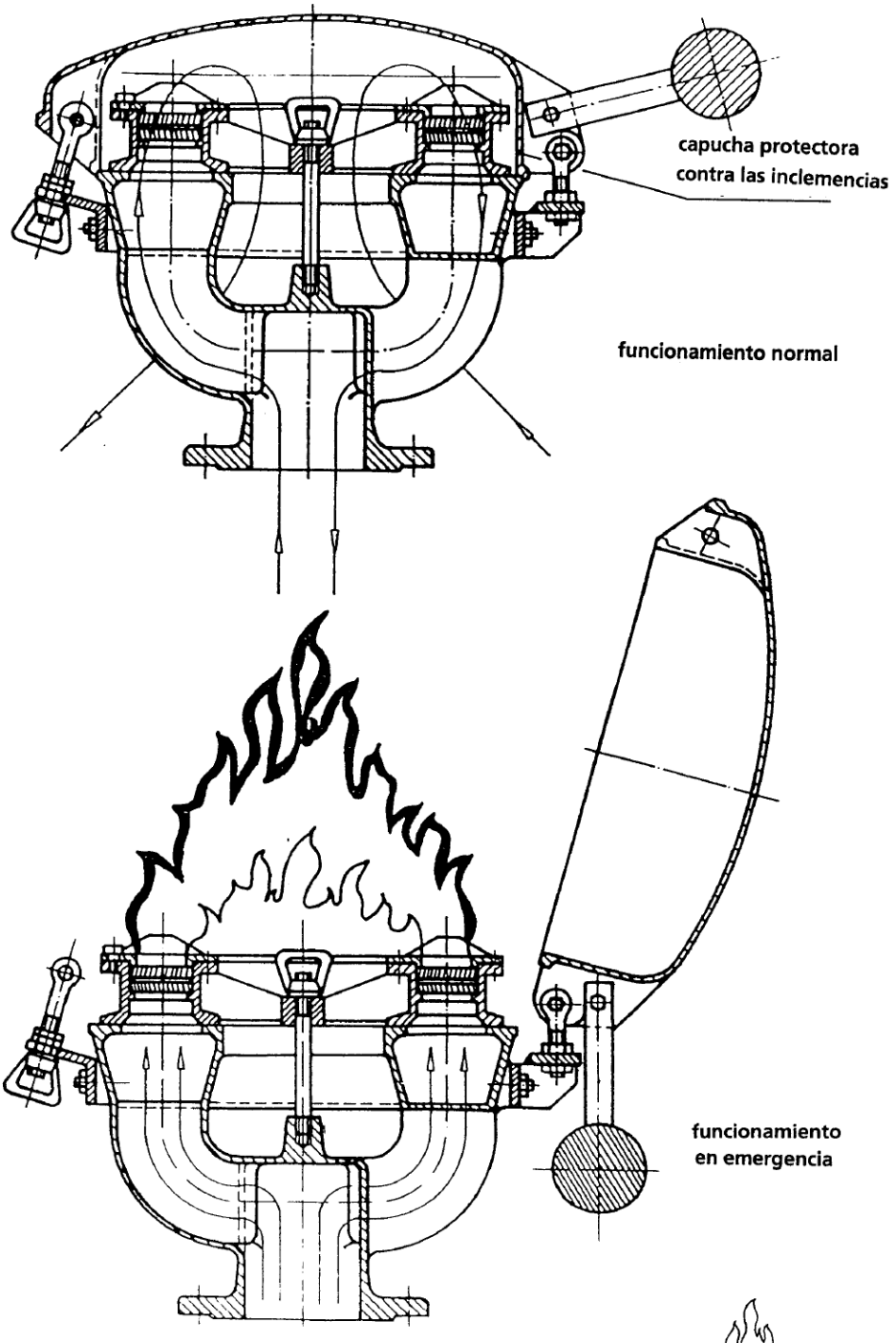


Figure 22

PROTEGO

Venteo con apagallamas PROTEGO

Issue: March 22, 1995
kla 95712287 DOC/4

Venteo de fin de línea a prueba de combustiones prolongadas y explosiones

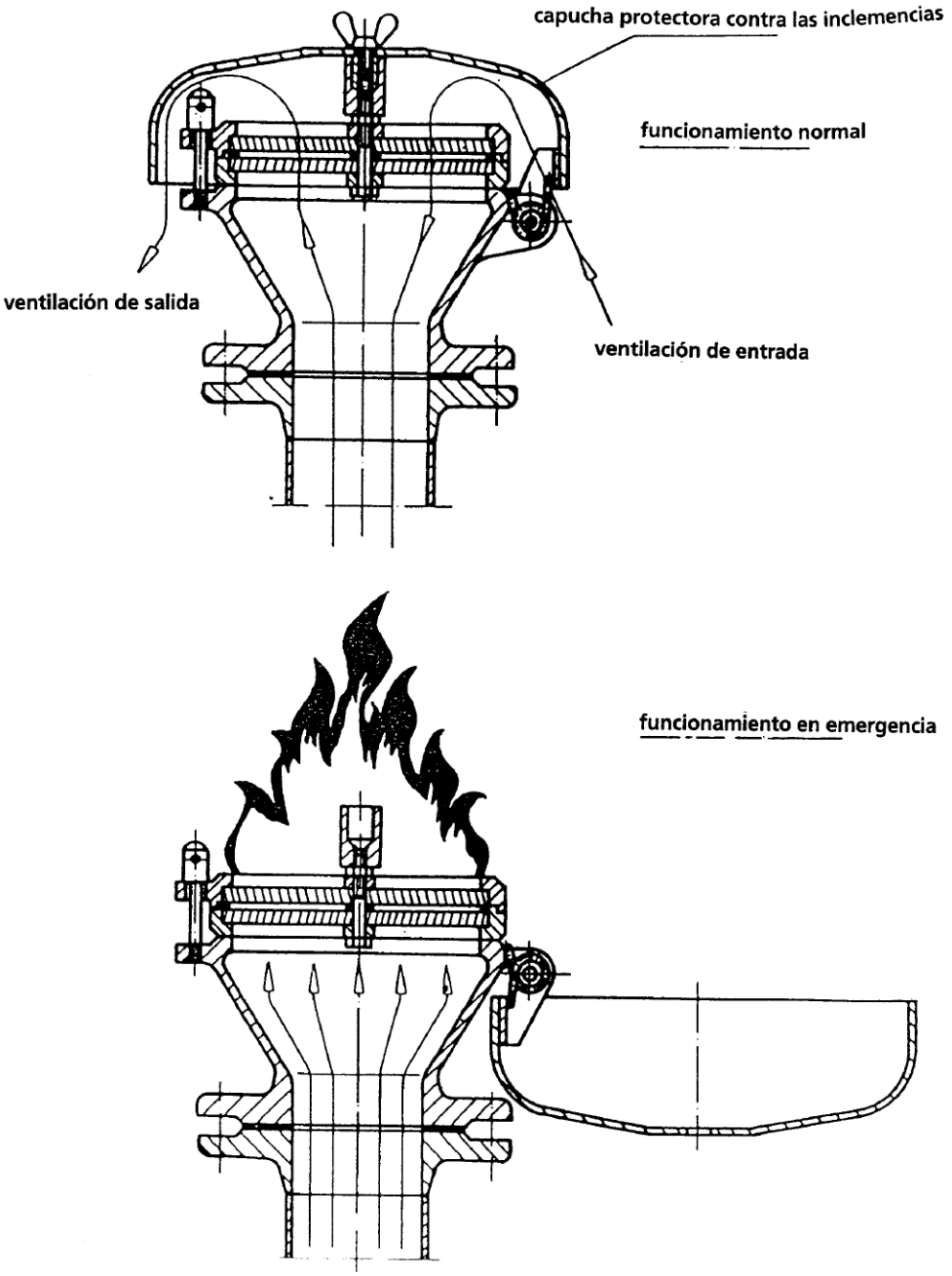


Figure 23

PROTEGO

Válvula de presión PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 95712288.DOC/5

Válvula de presión de fin de línea con apagallamas a prueba de combustiones prolongadas y explosiones

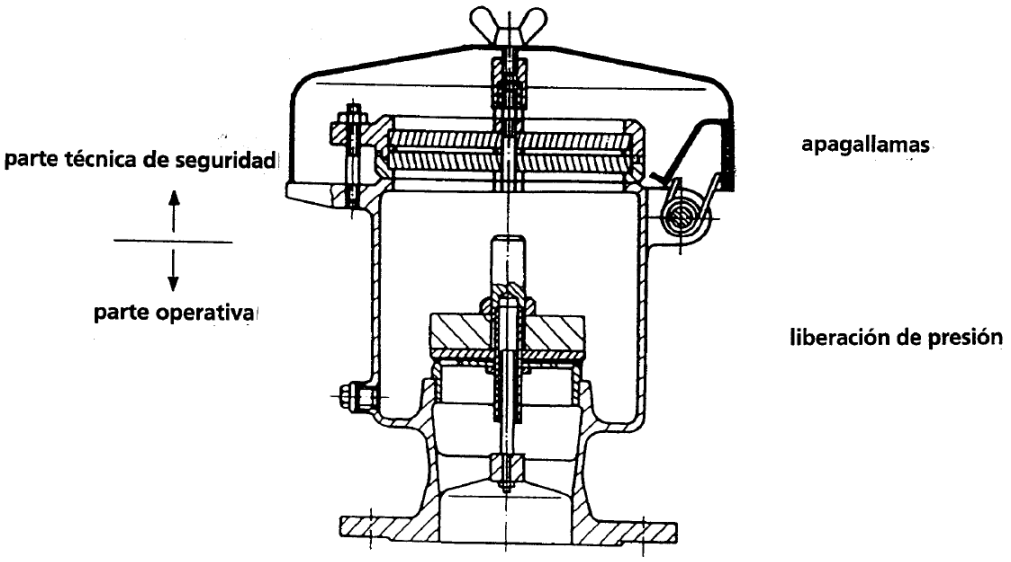


Figure 24

Válvula de presión/vacío PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 957122C1.DOC/4

Válvula de presion-vacío con apagallamas a prueba de explosiones y combustiones

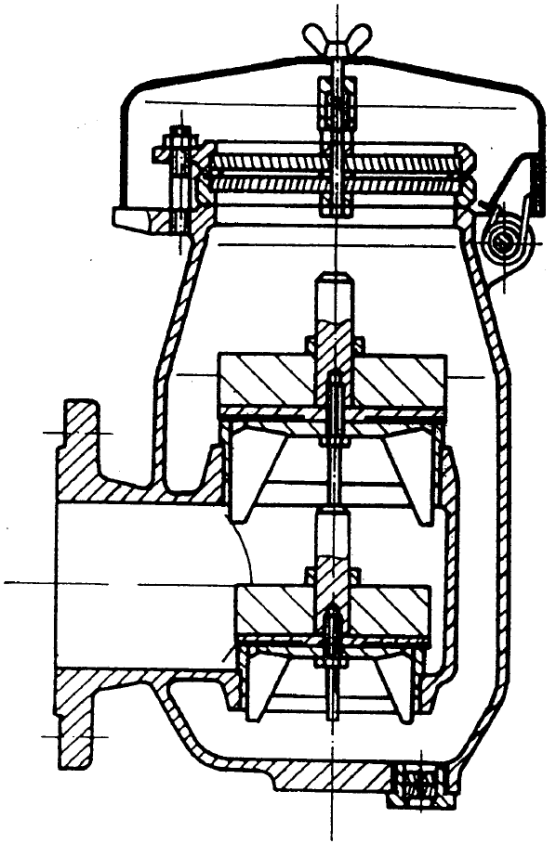


Figure 25

6.5.2 Apagallamas a prueba de combustiones prolongadas con freno de llamas dinámico

Tal como se mencionó con anterioridad, la función de un freno de llamas dinámico se basa en el principio que la velocidad de los gases descargados debe ser mantenida muy por encima de la velocidad de propagación de las llamas, tanto en régimen laminar como turbulento.

Ahora describiremos los diversos tipos de diseño de apagallamas a prueba de combustiones prolongadas aplicados en la práctica y que operan según el principio de un freno de llamas dinámico.

6.5.2.1 Válvulas de diafragma con carga líquida

La construcción básica de una válvula de diafragma con carga líquida se muestra en la fig. 26.Gracias al freno de llamas dinámico, este tipo de válvula impide una penetración de las llamas en el caso de una combustión prolongada sin instalarse un freno de llamas seco estático (filtro de llamas). *ver fig. 26*

Básicamente, la válvula consiste en un cuerpo inferior con el asiento inferior de la válvula y la parte superior de válvula, que aloja la membrana o diafragma. La membrana soporta un líquido (resistente a las heladas) de acuerdo con la presión de consigna de válvula requerida. La altura correcta de llenado se señala en un indicador flotante. El espacio situado sobre el líquido de carga se encuentra en contacto con la atmósfera a través de una abertura de ventilación a prueba de penetración de llamas.

Cuando en el depósito se origina una sobrepresión mayor a la correspondiente columna de líquido situada sobre la membrana, esta última es impulsada hacia arriba. De esta forma, los gases originados se descargan hacia el exterior y la presión en el depósito decrece.

Si se inflaman las mezclas de descarga de gases de producto/aire, la velocidad de descarga a caudales grandes estará muy por encima de la velocidad de propagación (o retroceso) de llama, incluso a cierta distancia de la válvula y la membrana. Esto impide la penetración de llamas en el tanque, según el principio de un freno de llamas dinámico.

En el caso de pequeños caudales, la llama arderá directamente en la rendija (paso o intersticio), es decir, debajo de la membrana. El calor de la llama incrementa la elasticidad de la membrana, que se ajustará mejor al asiento de válvula. Esto, a su vez, reduce la anchura del paso o intersticio, incrementando con ello la seguridad contra la penetración de llama. En la parte superior, la membrana se enfría por el líquido de carga, evitando con ello posibles daños a la membrana, que podrían provocar un funcionamiento defectuoso. Este principio de funcionamiento brinda una seguridad contra combustiones prolongadas, incluso con presiones relativamente bajas de apertura de válvula.

La aplicación de estas válvulas de membrana con carga líquida no sólo tiene ventajas técnicas de seguridad, sino también de servicio:

I) Los platos de válvula, cuya superficie de cierre se encuentra sometida a desgaste y deterioro por uso, llegan a tener fugas inevitables después de algún tiempo, mientras que la membrana con carga líquida se acomoda herméticamente, incluso sobre la superficie del asiento de válvula eventualmente sucio. Esto garantiza, incluso en tarados de presión relativamente bajos, un acoplamiento hermético de la membrana hasta que se alcanza la presión de consigna de válvula. Con ello se impiden las fugas, así como una emisión adicional innecesaria.

II) Debido a la ausencia de elementos guía de ajuste fino (p.e., tubos guía, casquillos, etc.), el control de la membrana con carga líquida ofrece una resistencia óptima contra las heladas. Si se forma un puente de hielo entre el asiento de válvula y la membrana, una diferencia adecuada de presión hace que la membrana se combe bajo la carga elástica del líquido con lo que el hielo se fragmenta y desprende. La experiencia y una serie de pruebas en cámaras frigoríficas han mostrado que sólo se precisa un incremento relativamente bajo de la presión (10-20% por encima de la presión de consigna) para abrir membranas heladas.

III) Dado que los frenos de llamas estáticos (o filtros de llamas) con sus pequeño ancho de paso resultan inútiles para impedir la penetración de las llamas en una situación de combustión prolongada, las válvulas de membrana con carga líquida, que operan según el principio de frenos de llamas dinámicos, son especialmente apropiados para su aplicación en la industria química con productos problemáticos, que tienden a la sublimación o polimerización.

Válvula de presión de membrana PROTEGO

issue: March 22, 1995
kla 957122BD.DOC/4

Válvula de fin de línea con carga líquida; principio operacional de un apagallama dinámica

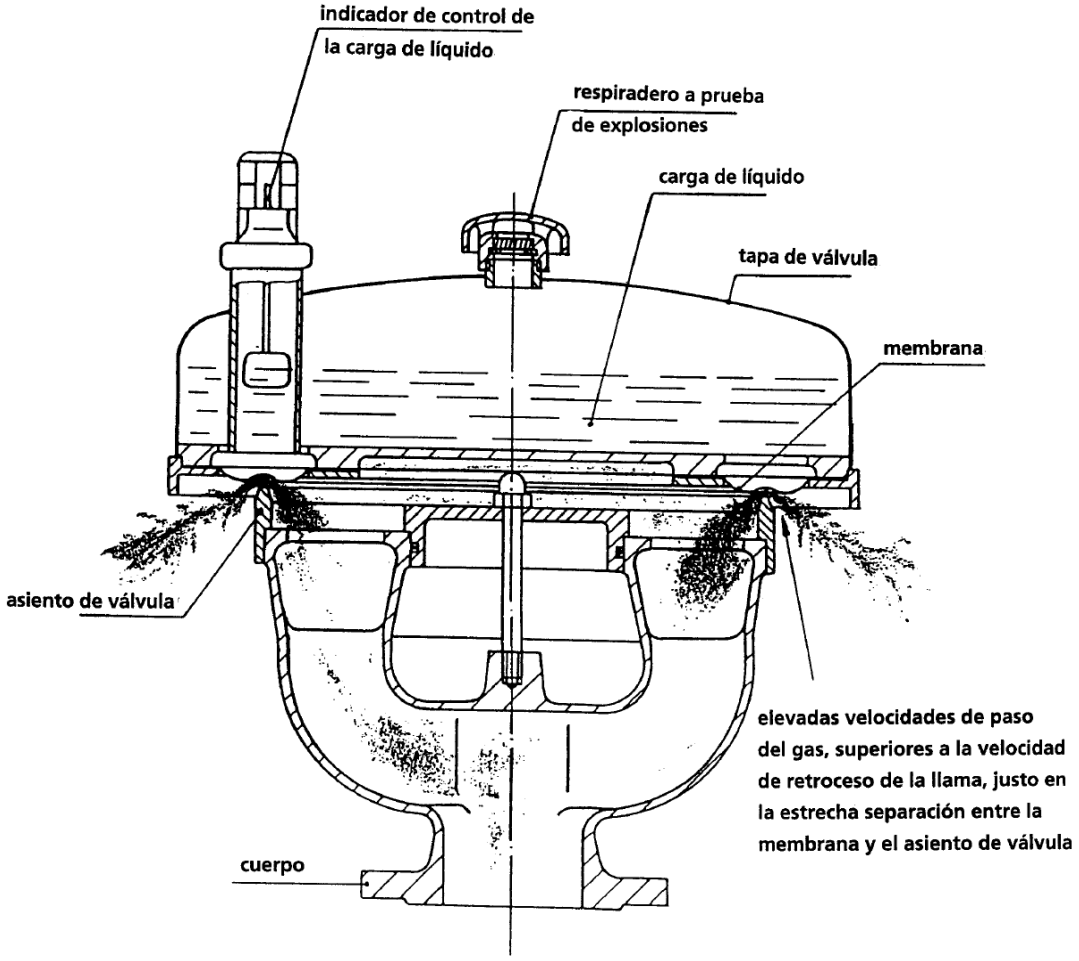

indicador de control de la carga de líquido
respiradero a prueba de explosiones
carga de líquido
tapa de válvula
membrana
asiento de válvula
elevadas velocidades de paso del gas, superiores a la velocidad de retroceso de la llama, justo en la estrecha separación entre la membrana y el asiento de válvula
cuerpo

Figure 26

6.5.2.2 Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad con una presión de tarado de ≥ 1,5 bar pueden ser consideradas, básicamente, como elementos a prueba de penetración de llama, dado que operan según el principio de un freno de llamas dinámico.

Según el PTB, no resulta preciso instalar un freno de llamas estático (filtro de llamas) en el conducto de ventilación si éste lleva una válvula de seguridad con una presión de tarado de al menos + 0,5 bar de sobrepresión. Además, el PTB defiende el criterio que la válvula no necesita ser probada en cuanto a su seguridad dinámica contra la penetración de llamas, si se ajusta a la tecnología más moderna y cuando las mezclas pueden evadirse libremente.

Por este motivo, las válvulas de ventilación de salida se pueden aplicar como válvulas de seguridad sin un freno de llamas estático (disco apagallamas) para la protección de depósitos con presión interior o recipientes resistentes a la presión que almacenan líquidos inflamables, siempre que el punto de consigna de la válvula corresponda al menos a + 0,5 bar de sobrepresión. Sin embargo, si estas válvulas de seguridad están equipadas adicionalmente con una válvula de rotura de vacío, se tendrá que instalar un freno de llamas estático (filtro de llamas), que ofrecerá protección contra la penetración de llamas en el caso de una explosión atmosférica, dado que, de lo contrario, podría producirse una penetración de las llamas durante el proceso de inspiración del tanque.

En nuestra descripción de los modelos tipo estándar de apagallamas, nos hemos concentrado, sobre todo, en los aspectos técnicos de seguridad. Sin embargo, para una protección óptima contra la penetración de las llamas en instalaciones potencialmente explosivas, tiene igual importancia considerar los aspectos técnicos de servicio, tales como corrosión, contaminación, congelación, así como problemas específicos de cada producto, como la sublimación y polimerización.

7. Ejemplos de protección de plantas industriales mediante el uso de apagallamas

Los ejemplos siguientes se refieren a dispositivos de ventilación, respiración e inspiración de depósitos de almacenamiento de superficie y enterrados. Al considerar cuestiones económicas y ambientales, se han desarrollado nuevos enfoques técnicos, tales como sistemas de retorno de gases, instalaciones de combustión de gases residuales, sistemas de recuperación de vapor, etc.

7.1 Depósitos de almacenamiento enterrados

A efectos de ventilar con seguridad los depósitos de almacenamiento enterrados resulta preciso ventear los gases a través de un conducto situado al menos a 4 m sobre el suelo. Debido al conducto, se requiere un apagallamas a prueba de detonaciones a instalar directamente encima del depósito. En el extremo final del conducto basta instalar una capucha protectora o un venteo sin apagallamas. Si motivos económicos o ambientales impiden la ventilación libre, se instalará una válvula de presión/vacío en lugar de una capucha protectora (ver fig. 28).

ver fig. 27
ver fig. 28

Otro motivo a tener en cuenta es el retorno de gases durante el llenado de un depósito. Se ha observado que no se instalan apagallamas a prueba de detonaciones, utilizando un simple apagallamas a prueba de explosiones de fin de línea. Esto constituye una solución inaceptable y peligrosa. En caso de un incendio en la superficie, el conducto de ventilación se calentará hasta un grado en que se inflamarán por autoignición los gases descargados.

El resultado se traducirá en la destrucción del depósito, y, eventualmente, en la pérdida de vidas humanas y serios daños a la propiedad.

Equipos PROTEGO para protección de un depósito enterrado

issue: March 22, 1995
kla 957122BF.DOC/4

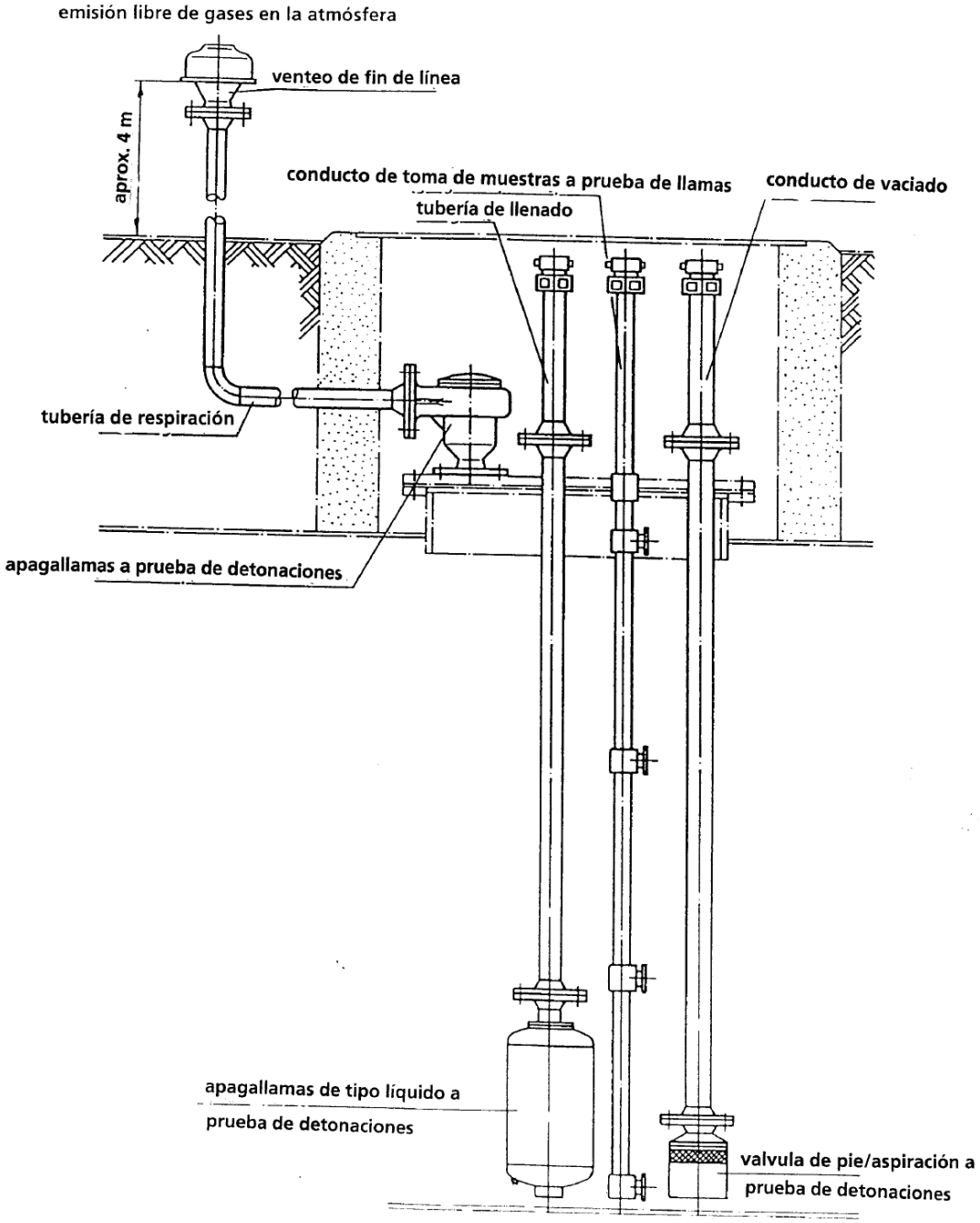

emisión libre de gases en la atmósfera
venteo de fin de línea
aprox. 4 m
conducto de toma de muestras a prueba de llamas
tubería de llenado
conducto de vaciado
tubería de respiración
apagallamas a prueba de detonaciones
apagallamas de tipo líquido a
prueba de detonaciones
valvula de pie/aspiración a
prueba de detonaciones

Figure 27

PROTEGO

Equipos PROTEGO para protección de un depósito enterrado

issue: March 22, 1995
kla 957122C0 DOC/4

Emisión reducida de gases a la atmósfera gracias a válvula de presión/vacío

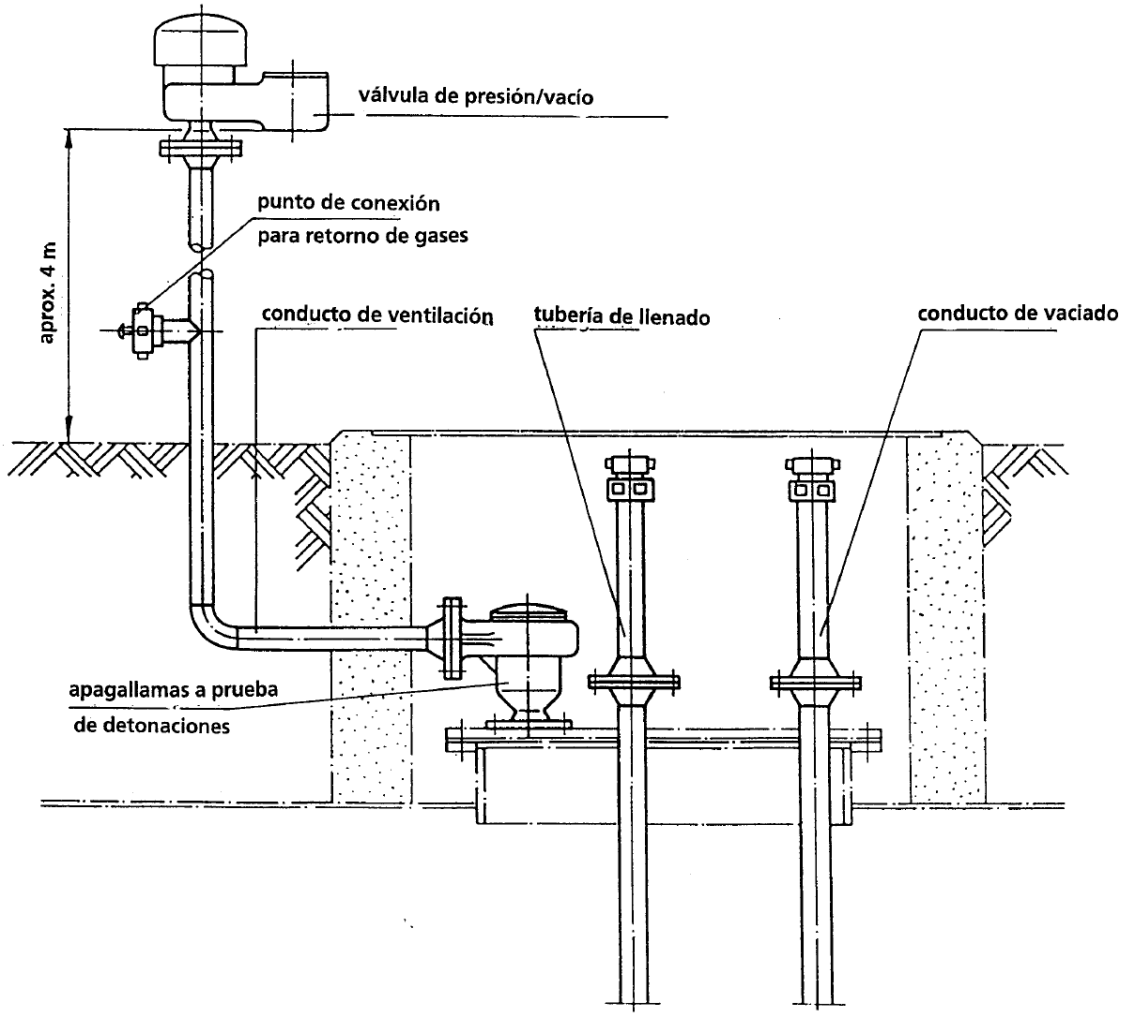


Figure 28

PROTEGO

7.2 Depósitos de almacenamiento de superficie

En función de los requisitos, existen distintos sistemas para la explotación de depósitos de almacenamiento de superficie.

7.2.1 Ventilación libre

Cuando las pérdidas por evaporación debido a condiciones climáticas y a los movimientos de líquidos no revisten importancia, ya sea por razones económicas o ambientales, el venteo libre de vapores constituye una solución aceptable. Si se encuentran almacenados productos inflamables, resulta suficiente instalar venteos a prueba de combustiones prolongadas.

ver fig. 29

7.2.2 Ventilación limitada

Si por motivos económicos o ambientales cabe reducir la emisión de vapores, se deben instalar válvulas de presión/vacío. El punto de regulación de estas válvulas depende de la presión de diseño de estos depósitos. Cuando se encuentran almacenados productos inflamables, la válvula de presión/vacío debe ser a prueba de combustiones prolongadas y explosiones.

ver fig. 30

7.2.3 Ventilación con válvulas de presión/vacío y conductos de retorno de vapores

La ventilación de depósitos de almacenamiento de superficie ha evolucionado hasta conectar varios depósitos mediante conductos de retorno de vapores. Durante el desplazamiento de productos, se pueden reducir notablemente las pérdidas por evaporación a la atmósfera. Debido a los mismos conductos, existe el riesgo de generación de detonaciones en el interior de los mismos si se inflaman los vapores. Por ello, cada depósito debe estar protegido con un apagallamas a prueba de detonaciones.

ver fig. 31

La función de la válvula de presión/vacío reside en permitir la ventilación, respiración e inspiración cuando el equilibrio de vapores entre los depósitos no resulta suficiente o posible. Por supuesto, estas válvulas deben ser resistentes a una explosión atmosférica y a una situación de combustión prolongada cuando se almacenan productos inflamables.

7.2.4 Ventilación a un incinerador o a una antorcha para combustión de gases residuales

La exigencia creciente de reglamentaciones de emisiones limpias obliga a desarrollar sistemas que destruyen los vapores en lugar de desprenderlos en la atmósfera. Durante la operación de vaciado o debido a cambios en la temperatura, la ventilación atmosférica de inspiración se produce por el lado del vacío de la válvula de presión/vacío. Durante operaciones de llenado o a causa de cambios en la temperatura, la ventilación de respiración tiene lugar a través de conductos de descarga de vapores, que van al incinerador o a la antorcha de combustión de vapores residuales.

ver fig. 32

Ya que podría ser preciso parar el incinerador, se debe instalar un dispositivo de ventilación de emergencia a la atmósfera. Esto se consigue con el lado de presión de la válvula de presión/vacío. Se entiende que la válvula de presión/vacío debe estar construida a prueba de combustiones prolongadas y explosiones.

Para proporcionar una presión determinada, a efectos de superar la pérdida de carga en la tubería de descarga que conduce al incinerador, se tiene que instalar una válvula de admisión entre el apagallamas a prueba de detonaciones y la tubería de descarga.. El apagallamas a prueba de detonaciones es una necesidad, ya que se podría producir una detonación por retroceso de las llamas desde el incinerador.

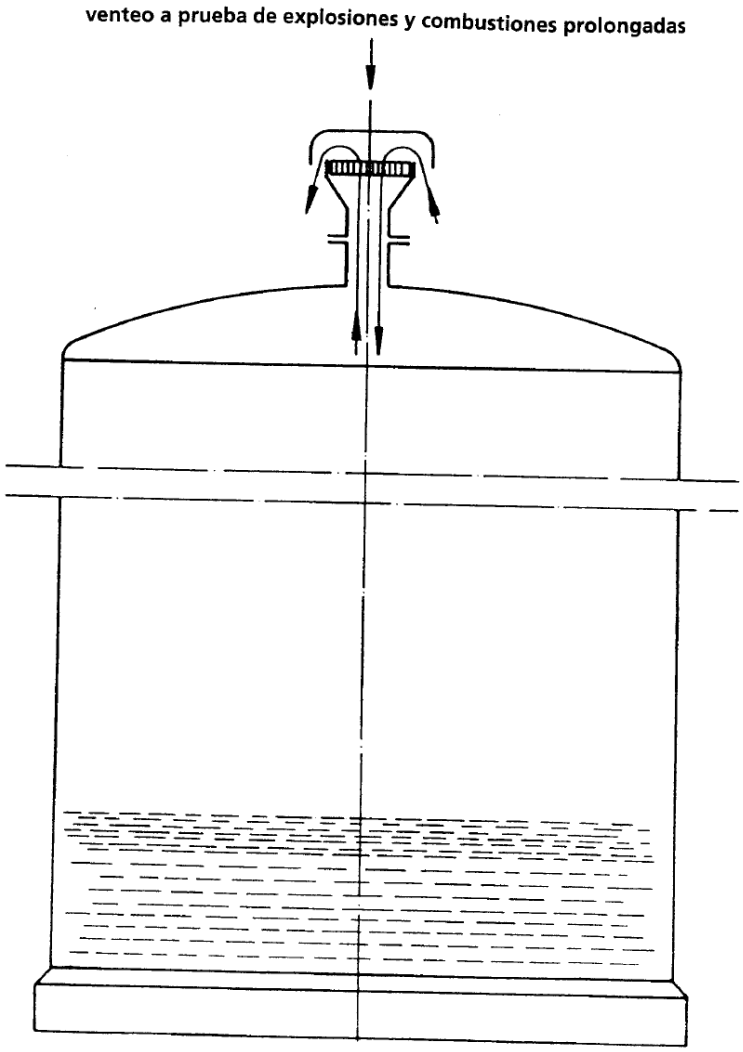

venteo a prueba de explosiones y combustiones prolongadas

Figure 29

Emisión reducida de gases a la atmósfera

issue March 22, 1995
kla 957122C6 DOC/4

gracias a la válvula de presión/vacío a prueba de combustiones prolongadas y explosiones

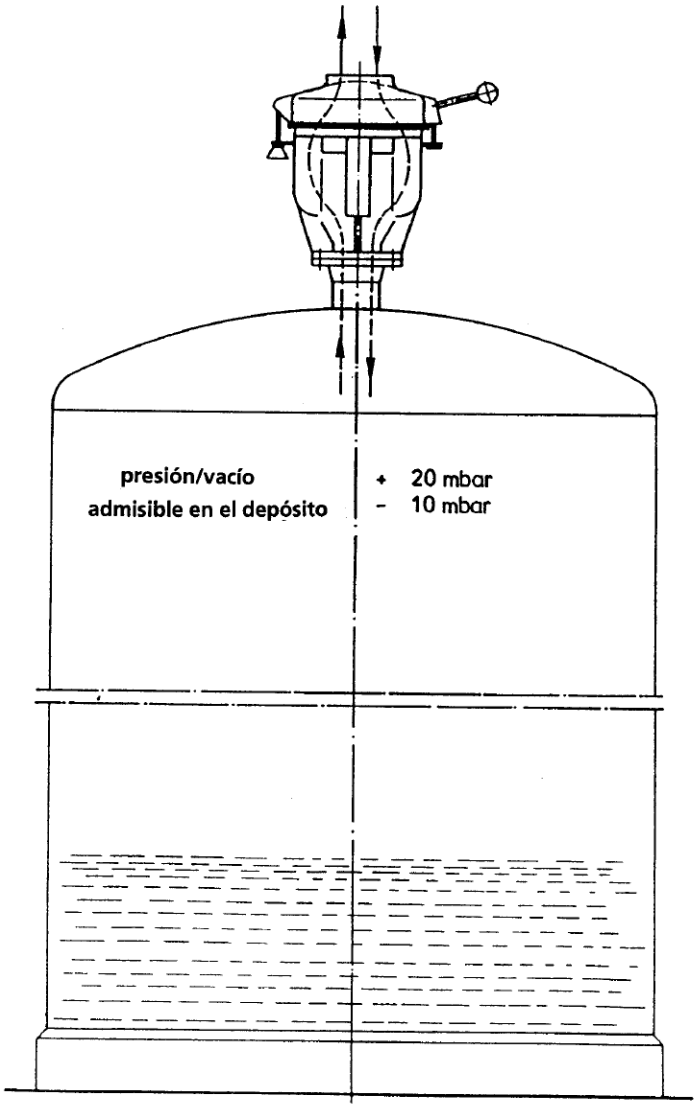
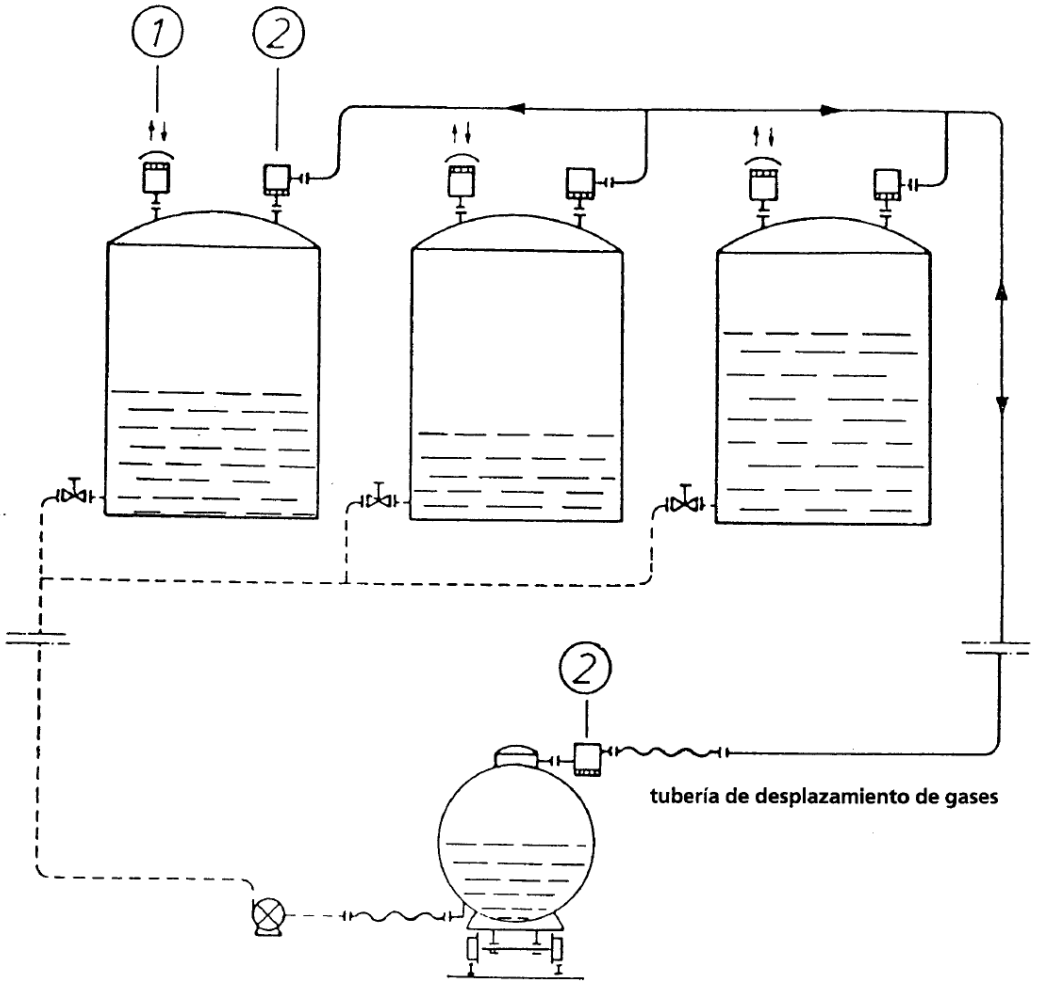


Figure 30

Retorno de gases durante el movimiento de productos

issue: March 22, 1995
kla 957122C7.DOC/4

válvula de presión/vacío



1 válvulas de presión/vacío a prueba de explosiones y combustiones prolongadas

2 apagallamas a prueba de detonaciones

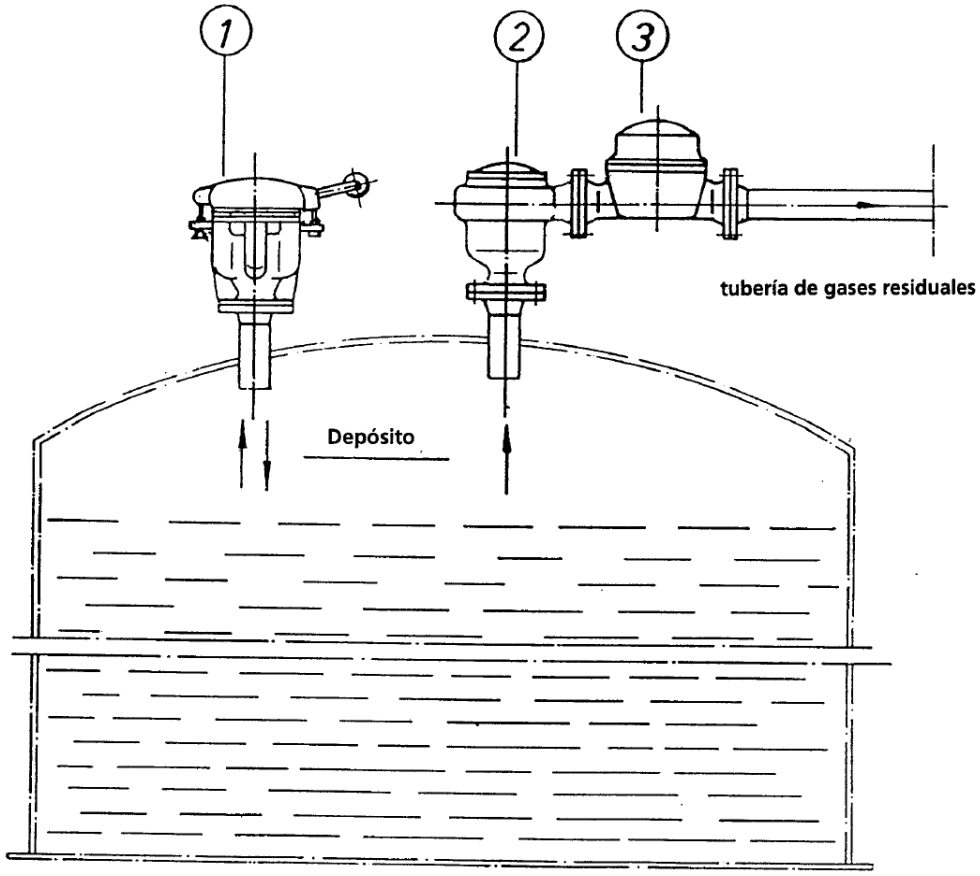
Figure 31

PROTEGO

Expulsión de gases a un incinerador o a una VRP (Instalación de Recuperación de Gases)

issue March 22, 1995
kla 957122C8.DOC/5

salida de emergencia de la presión y venteo con válvula de presión/vacío en la descarga



(1) válvula de presión/vacío a prueba de explosiones y combustiones prolongadas para venteo operativo y de emergencia a la atmósfera

(2) apagallamas a prueba de detonaciones para proteger el depósito de la instalación de gases residuales

(3) válvula de admisión para control del exceso de gases residuales

Figure 32

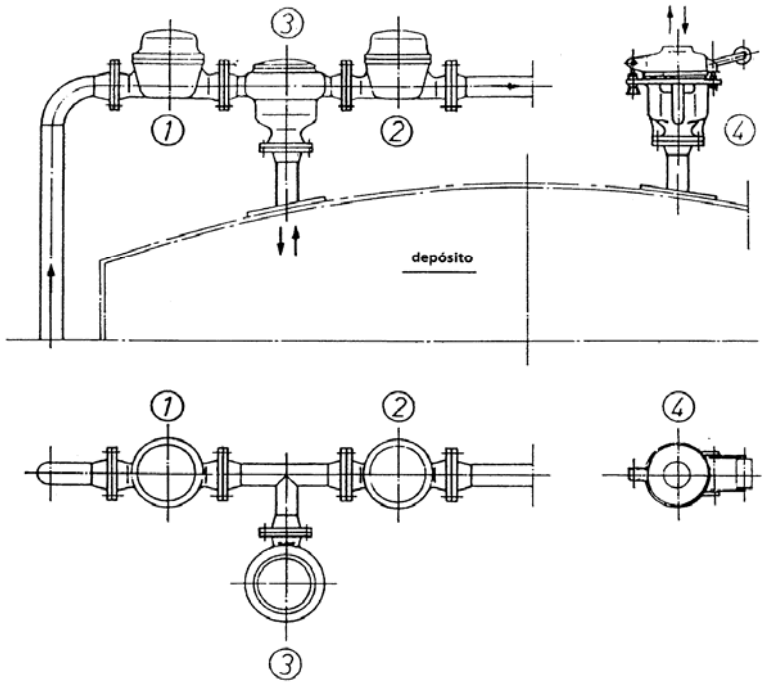
7.2.5 Inertizado

El sistema descrito bajo el punto 7.2.4 puede ser combinado con una instalación de inertizado, de existir un vacío en el depósito. Este circuito cerrado no requiere ventilación atmosférica, respiración e inspiración. Sin embargo y por motivos de seguridad, se debe instalar una válvula de presión/vacío adicional de seguridad para permitir una ventilación libre en el caso de una emergencia. *ver fig. 33*

La tubería de descarga de gases y la de suministro de gas inerte se encuentran conectadas a un apagallamas común a prueba de detonaciones. Los puntos de consigna de las válvulas de admisión para la descarga de vapores y el inertizado se encuentran por debajo de los puntos de consigna de la válvula de presión/vacío de emergencia.

Emisión de gases a un incinerador o a una VRP durante la carga e inertizado durante la descarga

issue: March 22, 1995
kla 957122C9.DOC/5



(1) válvula de control del gas inerte

(2) válvula de control de gases residuales

(3) apagallamas a prueba de detonaciones para proteger el depósito de los sistemas conectados

(4) válvula de presión/vacío, a prueba de explosiones y combustiones prolongadas, para venteo de emergencia a la atmósfera

Figure 33

PROTEGO

13.4- Mail autorización Protego.

Herwig Toedt para usuario mostrar detalles 30 may (hace 13 días)
Estimado Sr. Varela:
Abajo encuentra sus datos de acceso. Tiene que bajar el programa de la página inglesa de PROTEGO.
Además adjunto información técnica.
Saludos cordiales
-------- Mensaje original -------- Asunto: AW: válvula PV
Fecha: Fri, 27 May 2011 19:00:54 +0000
De: Wolf, Joachim joachim.wolf@protego.de
Para: Herwig Toedt -PROTEGO-
<herwig.toedt@protego.com>Zugangsname
anvage@gamil.com
Passwort prot5513
GrüßeJoachim Wolf
CFO & Business Development
phone:+49 (5307) 809 - 396mobile:+49 (172) 5491486
fax:+49 (5307) 7824
email:joachim.wolf@protego.de
Braunschweiger Flammenfilter GmbH
Industriestrasse 11
D-38110 Braunschweig
web:www.protego.de
email:office@protego.de
phone:+49(5307)809-0 fax:+49(5307)7824
Geschaeftsfuehrer / Managing Directors:Dr.-Ing. Michael Davies
Dipl.-Ing. Christoph Leinemann
Handelsregister / Trade Register:Braunschweig HRB 1983
USt-IdNr. / VAT.No.:DE 811188775
Von: Herwig Toedt -PROTEGO- [mailto:herwig.toedt@protego.com]
Gesendet: Freitag, 27. Mai 2011 13:41
An: Wolf, Joachim
Betreff: Fwd: válvula PV

Hallo Herr Wolf,
ich bitte um die Zugangsdaten für den u.g. Kunden.
Danke & Gruss

-------- Mensaje original --------
Asunto: válvula PV
Fecha: Fri, 27 May 2011 12:53:25 +0200
De: Irene Giménez irene.gimenez@protego.com
Para: Herwig Toedt herwig.toedt@protego.com

-------- Mensaje original --------
Asunto: válvula PV
Fecha: Fri, 27 May 2011 12:37:15 +0200
De: Ángel Varela anvage@gmail.com
Para: irene.gimenez@protego.com

Como continuación a nuestra conversación de esta mañana les adjunto mis datos a fin de que puedan remitirme la información de " Fundamentos técnicos" que continúan con el libro 1 que aparece en su WEB. y si es posible la contraseña necesaria para el software de cálculo de válvulas de presión/vacío.
mail: anvage@gamil.com
movil: 656355513

Les agradezco de ante mano la atención prestada.

Ángel Varela

2 archivos adjuntos — Descargar todos los archivos adjuntos
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES I.pdf
2030 K Ver Descargar
PRINCIPIOS FUNDAMENTALES II.pdf
952 K Ver Descargar

14- Referencias

- Reconocimiento de instalaciones de máquinas. OMI modelo 3.0.3 edición 2004, isbn 978-92-801-0161-4

- ISA Handbook of control valves. 2nd edition. J.W. Hutchison. ISBN 0-87664-234-2

- Encyclopedic Dictionary of Technical Terms. Volume 1 y 2. Mc Graw-Hill. Javier L. Collazo. ISBN 0-07-079-162-7

- Protego España. http://www.protego.de/es/

- Ingeniería y aplicaciones. Protego. parte- I

- Ingeniería y aplicaciones. Protego. parte- II

- Cargo Systems Operating Manual "Madrid Spirit"

- Solas regulation 59.1.2 (The venting arrangements shall be so designed and operated as to ansure that neither pressure nor vacuum in cargo tanks shall exceed design parameters.)

- IMO MSC/Circ. 677 (Revised Standard for designe, testing and locating of devices to prevent of flame into cargo tankers)

- IMO MSC/Circ. 1009 (Amendements to the revised standards MSC/Circ. 677)

- IMO MSC/Circ. 450 rev.1 (Revised factors to be taken into consideration when designing cargo tanks venting and gas-freeing arrangement.)

- IMO MSC/Circ. 585 (Standard for vapor emision control system)

- IMO MSC/Circ. 731 (Revised factors to be taken into consideration when designing cargo tank venting and gas-freeing arrangement)

- MSC 1/Circ.1324 de 10 de junio de 2009 (Enmiendas a las normas revisadas para el proyecto, la prueba y el emplazamiento de los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga de los buques tanque. (MSC/CIRC.677, enmendada por la circular MSC/CIRC.1009)

- ISO 15364:2000 "Buques y tecnología marina- Válvulas de presión/vacío para tanques de carga.

- OMI, Assembly Resolution A.746(18) " Survey Guidelines under the Harmonized System of Survey and Certification"

- OMI, 2002 SOLAS, Chapter II-2, Regulation 4.
- API 2000 (flor test procedure)
- En 12874: 2001 (Flame arrester- performance requirements)
- Manual y plano de BOLACO APS
- Manual de Unitech

- http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39826
- http://www.pres-vac.com/viewpage.php?page_id=61
- http://www.imo.org/Pages/home.aspx
- http://www.prefecturanaval.gov.ar/organismos/dpsn/rpol/circulares_msc
- http://www.fike.es/
- http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp
- www.enardo.com
- www.ventiq.com
- www.pressuresystems.com.au
- www.motherwelltankprotection.co.uk

15-Agradecimientos.

- Sinceros agradecimientos por haberme dejado actuar a mi libre albedrío y prestarme su inestimable colaboración para la realización de este trabajo al Capitán (Otto), a la primer oficial (Mónica) a la segundo oficial (Tamara), así como al resto del personal de cubierta del buque Mar Paula.

- A Herwig Toedt e Irene Giménez de PROTEGO España, por facilitarme la información técnica solicitada.